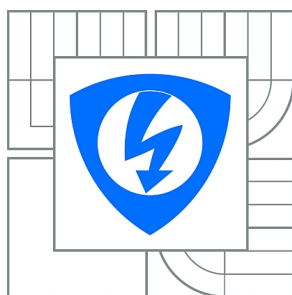




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

ENERGETICKÁ A PROVOZNÍ OPTIMALIZACE SYSTÉMU VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

ENERGY OPTIMIZATION AND OPERATION OF PUBLIC LIGHTING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MICHAL HOUDEK

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR BAXANT, Ph.D.

BRNO 2010



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Michal Houdek

ID: 83735

Ročník: 2

Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Energetická a provozní optimalizace systému veřejného osvětlení

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je pojednání o možnostech energetických úspor při optimalizaci provozu veřejného osvětlení. V práci pojednejte o obecném konceptu a požadavcích na veřejné osvětlení, možnostech dnešních systémů. Navrhněte soubor opatření a nebo popište již v praxi používané systémy, které vedou k energetickým úsporám ve VO. Vypočtete energetickou náročnost u demonstrační osvětlovací soustavy.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2010

Termín odevzdání: 24.5.2010

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

HOUDEK, M. Energetická a provozní optimalizace systému veřejného osvětlení. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2010, 65 stran.

Prohlašuji, že jsem svou **diplomovou práci** vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce **doc. Ing. Petru Baxantovi, Ph.D.** za cenné rady a připomínky k mé práci, poskytnutou literaturu a svým rodičům za podporu během celé doby mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

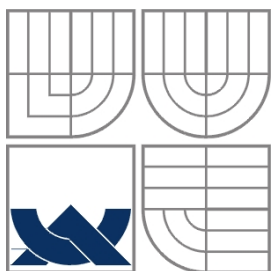
Energetická a provozní optimalizace systému veřejného osvětlení

Michal Houdek

vedoucí: doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2010

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering

Master's Thesis

Energy optimization and operation of public lighting

by

Michal Houdek

Supervisor: doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Brno University of Technology, 2010

Brno

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je pojednání o možnostech energetických úspor při optimalizaci provozu veřejného osvětlení. Pochopení a uvedení do problematiky provozu veřejného osvětlení se věnuje první část práce. Zde se nachází kapitoly jako Význam veřejného osvětlení nebo Předpisy a normy související s veřejným osvětlením. Největší pozornost je pak soustředěna na popis soustav veřejného osvětlení a jejich základních prvků.

Další stěžejní částí práce je ukázka používaných systémů, které vedou k energetickým úsporám ve veřejném osvětlení. Touto problematikou se zabývá kapitola Regulace soustav veřejného osvětlení. Práce zde popisuje jednotlivé druhy regulace spolu se systémy, které se při těchto regulacích v soustavách veřejného osvětlení používají.

V poslední části diplomové práce bylo úkolem provést ukázku výpočtu energetické náročnosti a výpočtu roční spotřeby veřejného osvětlení u demonstrativní osvětlovací soustavy. Pro tuto příležitost byla vytvořena pomocná aplikace v programu Microsoft Excel, na které byly jednotlivé výpočty prováděny.

KLÍČOVÁ SLOVA: veřejné osvětlení; regulace soustav; světelný zdroj; vysokotlaká sodíková výbojka; svítidlo; energetická náročnost; roční spotřeba

ABSTRACT

An objective of this university graduation work is an essay about any possibilities for energy savings with operation optimization of public lightings. Understandings and introduction operation problems of public lighting is devote in first part of this work. Here we can chapters as Importance of public lightings or Regulations and norms in relation to public lightings. The biggest and special attention is concentrated to description to public lightings systems and its basic components.

Another main part of this work is demonstration of used systems that are leading to energy savings for public lightings. These problems are detailed and explained in chapter Regulation of public lighting systems. This graduation work is describing individual types of regulation with the systems that are used with these regulations in systems of public lightings.

The assignment of last part of graduation work was to make sample calculation of energy demand and calculation of yearly consumption on exemplary temporary system of public lightings. For this occasion was extra special auxiliary application system set up inside the Microsoft Excel program where all individual calculations were done.

KEY WORDS: public lighting; regulation of system; lighting source; high pressure sodium tube; lamp; energy demands; yearly consumption

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	12
1 ÚVOD	14
2 HISTORIE VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ.....	15
3 VÝZNAM VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ.....	16
4 CÍLE PRÁCE	18
5 PŘEDPISY A NORMY SOUVISEJÍCÍ S VO.....	19
6 ZÁKLADNÍ PRVKY SÍTÍ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ.....	22
6.1 ELEKTRICKÉ PŘÍPOJKY VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ.....	22
6.2 ROZVADĚČE ZAPÍNACÍCH MÍST	23
6.2.1 ČÁST ELEKTROMĚROVÁ.....	23
6.2.2 ČÁST ROZVADĚČOVÁ.....	23
6.2.2.1 Silová část rozvaděče zapínacích míst.....	24
6.2.2.2 Regulační část rozvaděče zapínacích míst.....	24
6.2.2.3 Řídící část rozvaděče zapínacích míst.....	24
6.2.2.4 Komunikační část rozvaděče zapínacích míst.....	25
6.2.2.5 Část monitoringu světelných bodů rozvaděče zapínacích míst.....	25
6.3 ROZVADĚČE ROZPÍNACÍCH MÍST	25
6.4 ROZVOD VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ.....	25
6.5 SVĚTELNÁ MÍSTA	25
6.5.1 NOSIČ SVÍTIDLA	25
6.5.2 ELEKTRICKÁ ČÁST	26
6.5.3 SVÍTIDLO.....	26
6.5.3.1 Světelné zdroje a jejich základní vlastnosti.....	27
6.6 OVLÁDÁNÍ VO.....	29
6.6.1 SPÍNÁNÍ VO PODLE DOPORUČENÍ PLATNÝCH NOREM	30
6.6.2 ASTRONOMICKÉ HODINY (ASTRONOMICKÝ KALENDÁŘ).....	31
6.7 VEDLEJŠÍ ZAŘÍZENÍ PŘIPOJOVANÁ NA ROZVOD VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ	31
7 PROVOZ A ÚDRŽBA VO	32
7.1 PROVOZ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ	32
7.2 ÚDRŽBA OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ (VO)	32
7.2.1 BĚŽNÁ ÚDRŽBA.....	32
7.2.2 PREVENTIVNÍ ÚDRŽBA	33
7.2.3 ODSTRAŇOVÁNÍ NÁSLEDKŮ ŠKOD A VANDALISMU.....	33
7.2.4 ZAJIŠTĚNÍ CENTRÁLNÍHO DISPEČINKU A POHOTOVOSTNÍ PORUCHOVÉ SLUŽBY	33
7.2.5 ZAJIŠTĚNÍ PRAVIDELNÝCH ELEKTROREVIZÍ	33
7.3 VÝMĚNA SVĚTELNÝCH ZDROJŮ A ČIŠTĚNÍ SVÍTIDEL	33

8 REGULACE SOUSTAV VO	34
8.1 VYPÍNÁNÍ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ	34
8.2 REGULACE SNÍŽENÍM NAPĚTÍ	34
8.2.1 EXTERNÍ REGULACE SOUSTAV VO	35
8.2.1.1 Regulátory využívající odbočkových TR a autotransformátorů.....	35
8.2.1.2 Regulátory využívajících polovodičové měniče.....	37
8.2.2 INTERNÍ REGULACE SOUSTAV VO	39
8.2.2.1 Regulace pomocí přídavných tlumivek	39
8.2.2.2 Regulace pomocí elektronických předřadníků	40
9 INTENZIFIKACE SOUSTAVY VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ.....	47
9.1 POPIS PROGRAMU „VÝPOČET ROČNÍ SPOTŘEBY SOUSTAV VO“	48
9.1.1 LIST „ZADÁNÍ VSTUPNÍCH ČASŮ + POMOCNÉ VÝPOČTY“	48
9.1.2 LIST „HLAVNÍ PROGRAM“	49
9.1.2.1 Zadání vstupních hodnot	50
9.1.2.2 Zapínání a vypínání VO podle astronomických hodin	50
9.1.2.3 Zapínání a vypínání VO v průběhu noci	51
9.1.2.4 Regulace VO v průběhu noci	52
9.1.3 LIST „ASTRONOMICKÝ KALENDÁŘ“	52
9.1.4 LIST „POMOCNÉ TABULKY“	52
9.2 INTENZIFIKACE 1	53
9.2.1 SOUSTAVA A.....	54
9.2.2 SOUSTAVA B.....	55
9.2.3 POROVNÁNÍ SOUSTAV A A B	57
9.3 INTENZIFIKACE 2	58
9.3.1 SOUSTAVA A.....	58
9.3.2 SOUSTAVA B.....	58
9.3.3 POROVNÁNÍ SOUSTAV A A B	59
10 ZÁVĚR.....	62
POUŽITÁ LITERATURA	63
PŘÍLOHA A ASTRONOMICKÝ KALENDÁŘ	65

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 3-1: Ukázka osvětlení zámku Mikulov [13].</i>	17
<i>Obrázek 6-1: Struktura soustavy VO [4].</i>	22
<i>Obrázek 6-2: Blokové schéma rozvaděče zapínacích míst.</i>	24
<i>Obrázek 6-3: Schéma stožáru pro VO [8].</i>	26
<i>Obrázek 6-4: Ukázka některých typů svítidel VO.</i>	27
<i>Obrázek 6-5: Svítidlo využívající technologii svítících diod (LED) [13].</i>	29
<i>Obrázek 8-1: Schéma autotransformátoru.</i>	36
<i>Obrázek 8-2: Regulátor REVERBERI a jeho vnitřní blokové uspořádání [19].</i>	36
<i>Obrázek 8-3: Provozní charakteristiky vysokotlakých sodíkových výbojek [19].</i>	37
<i>Obrázek 8-4: Časové závislosti napětí a proudu regulátoru INTELUX SC [19].</i>	38
<i>Obrázek 8-5: Časové závislosti napětí a proudu regulátoru INTELUX NG [19].</i>	39
<i>Obrázek 8-6: Schéma uspořádání při regulaci dvěma tlumivkami[4].</i>	39
<i>Obrázek 8-7: Porovnání indukčního předřadníku a IRV 70 - stabilita napětí [12].</i>	41
<i>Obrázek 8-8: Porovnání indukčního předřadníku a IRV 70 - náběh výbojky [12].</i>	41
<i>Obrázek 8-9: Elektronický předřadník EHID se softwarem MidNight [20].</i>	42
<i>Obrázek 8-10: Ukázka provozních režimů stmívacího systému EHID [20].</i>	43
<i>Obrázek 8-11: Úspora elektrické energie s využitím stmívacího systému EHID [20].</i>	43
<i>Obrázek 8-12: Předřadníky Ecolum EC4-150 a EC4-70 [21].</i>	44
<i>Obrázek 8-13: Možnosti redukce výkonu pomocí elektronického předřadníku ECOLUM [17].</i>	45
<i>Obrázek 8-14: Ukázka rozběhového proudu a stabilizace výkonu na předřadníku Ecolum [21].</i>	45
<i>Obrázek 9-1: Ukázka zadání časů pro východ a západ slunce.</i>	49
<i>Obrázek 9-2: Ukázka zadání vstupních hodnot v programu.</i>	50
<i>Obrázek 9-3: Ukázka zadání časů pro zapnutí a vypnutí VO v průběhu noci.</i>	51
<i>Obrázek 9-4: Ukázka zadání vstupních hodnot při regulaci VO.</i>	52

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 6-1: Tabulka pro obecně platnou dobu zapínání a vypínání VO [9].</i>	<i>30</i>
<i>Tabulka 8-1: Technická data pro IRV 70 / IRV 50 [12].</i>	<i>40</i>
<i>Tabulka 8-2: Technická data předřadníku Ecolum EC-4 [21].</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 9-1: Porovnání neefektivních rtuťových výbojek se sodíkovými [17].</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 9-2: Hodnoty příkonů svítidel s KP a EP [17].</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 9-3: Hodnoty příkonů svítidel ATOS [20].</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 9-4: Hodnoty příkonů pro svítidla s KP a EP [17].</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 9-5: Hodnoty příkonů svítidel při různých typech regulace.</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 9-6: Ceník svítidel Schröder pro VO [20].</i>	<i>54</i>
<i>Tabulka 9-7: Porovnání vypočítaných hodnot soustav A a B při intenzifikaci 1.</i>	<i>57</i>
<i>Tabulka 9-8: Porovnání vypočítaných hodnot soustav A a B při intenzifikaci 2.</i>	<i>60</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

SYMBOLY:

c_e	cena elektrické energie	[Kč·kWh ⁻¹]
c_{MS}	cena montáže svítidla	[Kč]
c_s	cena svítidla	[Kč]
E	roční spotřeba elektrické energie	[kWh]
n	počet svítidel v soustavě	[Ks]
N_C	celkové investiční náklady soustavy	[Kč]
PB	doba návratnosti soustavy B	[-]
P_C	celkový příkon soustavy	[kW]
P_{SV}	příkon jednoho svítidla	[W]
P_{SVR}	příkon jednoho svítidla při regulaci	[W]
P_V	příkon výbojky	[W]
S_R	roční spotřeba VO	[Kč]
S_{RA}	roční spotřeba VO soustavy A	[Kč]
S_{RB}	roční spotřeba VO soustavy B	[Kč]
S_{RR}	roční spotřeba VO při regulaci	[Kč]
t_{C1}	roční suma svícení	[hod]
t_{C2}	roční suma svícení	[hod]
t_{CR}	roční suma regulace	[hod]
U_n	jmenovitá hodnota napětí	[V]
U_{min}	minimální provozní hodnota napětí	[V]
U_{RB}	roční úspora provozních nákladů soustavy B	[Kč]
U_{RBR}	roční úspora provozních nákladů soustavy B při regulaci	[Kč]

ZKRATKY:

CIE	mezinárodní organizace pro osvětlování
VO	veřejné osvětlení

EP	elektronický předřadník
ESP	elektronický stmívatelný předřadník
KP	konvenční předřadník

1 ÚVOD

Potřeba uměle osvětlovat vnitřní, ale i venkovní prostory provází lidstvo od nepaměti. Při osvětlování venkovních prostorů se historicky nejprve jednalo o osvětlování důležitých lokalit, jako byla například centra obcí a měst. V pozdější době se venkovní osvětlení stalo nedílnou součástí životního prostředí. Dnes se soustavy osvětlení venkovních prostorů využívají například k osvětlení sportovišť, venkovních pracovišť, v dopravě nebo architektonicky dekorativnímu osvětlení některých zajímavých budov.

Osvětlení míst přístupných veřejnosti zabezpečuje takzvané veřejné osvětlení. Soustavy veřejného osvětlení slouží především k osvětlení veřejných prostranství a komunikací. Je mnoho konkrétních míst, kde se s nimi lze setkat. Využívají se k osvětlení jak pozemních komunikací (např. silnic, dálnic), tak i k osvětlení pěších a obytných zón, zastávek městské hromadné dopravy, tunelů, podchodů, přechodů pro chodce, historických objektů atd.

Úloha veřejného osvětlení jako neplacené služby obyvatelstvu nespočívá pouze v prostém nasvícení komunikací a veřejných prostranství pro potřeby orientace a pohybu osob. Vedle této základní role je nutno zdůraznit i jiné funkce, které zastává. Především pomáhá udržovat veřejný pořádek a podílí se na snížení kriminality. Dále zvyšuje bezpečnost dopravy a v neposlední řadě přispívá ke zvýšení atraktivnosti měst a obcí. Současně se všemi těmito funkcemi musí být soustavy veřejného osvětlení energeticky nenáročné, snadno ovladatelné, s nízkými servisními náklady a s dlouhou životností.

2 HISTORIE VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

V této kapitole bude stručně zmapován vývoj a rozvoj veřejného osvětlení (dále jen VO) s odkazy na přesná data a letopočty. Pro získání náhledu na vývoj a rozvoj VO v ČR bylo zvoleno hlavní město Praha. Praha byla a je, co se týká VO, jakýmsi testovacím místem nových výzkumů a vynálezů.

Noční Praha, stejně jako jiná velkoměsta, je dnes ozářena tisíci světél. Osvětleny jsou ulice, náměstí, nábřeží, domy a dominanty města. Noční Prahou září tisíce oken a reklamních poutačů. Samozřejmě, že tomu tak nebylo v minulosti a i veřejné osvětlení Prahy má svou zajímavou historii.

Koncem prvního tisíciletí, kdy byla Praha založena, k osvětlení sloužily jen louče a ohniště. První veřejné osvětlení v Praze je zaznamenáno ve 14. století. Byl jím oheň, který plál na železných pánvích na Staroměstském náměstí. Udržoval ho ponocný.

K dalšímu osvětlování města došlo za vlády císaře Rudolfa II. Podle jeho nařízení ze sklonku 16. století byly osvětleny nárožní domy. A to tak, že na jejich průčelích byly upevněny kovové koše, ve kterých hořely ohně. První trvalé veřejné osvětlení Prahy bylo uvedeno do provozu v roce 1723 v části Královské cesty. Mezi Karlovým mostem a Celetnou ulicí bylo rozmístěno 121 sloupů s olejovými lucernami, které se při soumraku zažínaly a při rozednění zhasínaly. Koncem 18. století bylo těchto lamp na lněný olej v Praze už 600.

V roce 1824 byla zahájena výroba argandických olejových lamp s okrouhlým knotem, skleněným cylindrem a zahnutým pohyblivým komínkem. Oproti lampám z roku 1723 se vyznačovaly větší svítivostí. Ve čtyřicátých letech 18. století Prahu osvětlovalo již téměř 1 100 těchto lamp. Stožáry veřejného osvětlení se v této době natíraly červenou barvou. Od 19. století převážně tmavomodrou.

V roce 1844 byla v Praze zahájena éra plynového osvětlení. Na základě objednávky magistrátu se první plynofikace ujala „Společnost pro zavádění a obstarávání plynového osvětlení“ z Vratislavi. Ta postavila v Karlíně plynárnu a 15.9.1847 ulice Prahy osvětlilo prvních 200 plynových lamp na trase Karlín, Poříčí, Celetná ulice, Staroměstské náměstí, Karlova ulice. Osvětlení končilo u Karlova mostu. Kandelábry byly zhotoveny z litiny a byly rozmístěny ve vzdálenostech 25 – 29 m. V témže roce tyto lampy osvětlovaly i Malou Stranu. V roce 1864 se magistrát rozhodl postavit vlastní plynárnu, a to na Žižkově. V roce 1866 již zásobovala plynem osvětlení Nového Města, v roce 1867 Starého Města, Malé Strany a Hradčan. Do konce roku 1871 bylo po Praze rozmístěno celkem 2 598 lamp. Z toho 2 206 jich svítilo do půlnoci a 392 po celou noc. Projektanty této plynofikace byli architekt A. Lindsbauer a sochař E. Wesel. Na různá místa byly umísťovány rozdílné typy lamp, a to podle důležitosti a prostornosti. Jejich zbytky nalezneme v některých částech Prahy ještě dnes. Na přelomu let 1872 – 1873 bylo rozmístěno po Praze 16 osmiramenných, 9 čtyřramenných, 2 tříramenné a 344 jednoduchých kandelábrů, 2 072 závěsných nástěnných lamp a 18 soukromých svítílen. Celkem 2 652 plynových světél [1].

První zkouška osvětlit Prahu pomocí elektrické energie se uskutečnila 28.2.1883. Nepovedl jí nikdo jiný než František Křižík pomocí svých obloukových lamp, a to na Staroměstském náměstí. Světla zde svítila čtrnáct dní, ale neujala se. Křižíkovy lampy se prosadily až v roce 1894 a to nejen na Staroměstském náměstí, ale i na jiných místech Prahy. Byly nejdříve umísťovány do výšky 3 – 5 m tak, aby vyhovovaly chodcům. Později se výška jejich umístění zvýšila na 7 – 15 m, čímž se dosáhlo osvětlení celých ulic. Začala etapa takzvaného dopravního osvětlování.

V roce 1891 změnily stožáry veřejného osvětlení barvu. Začaly se natírat na zeleno, a to až do roku 1918, kdy byly natírány barvami žlutou a červenou, tedy barvami města Prahy.

V roce 1924 Křižíkovy obloukové lampy byly postupně nahrazovány žárovkami. V ulicích Prahy současně stále zůstávalo na 7 000 plynových lamp.

V roce 1955 byly v Praze poprvé instalovány zářivky, a to na Staroměstském náměstí. V roce 1960 se objevila výbojková světla, v roce 1974 vysokotlaké sodíkové výbojky a v osmdesátých letech rtuťové výbojky.

Plynové lampy byly postupně nahrazovány elektrickým osvětlením. Poslední dva kandelábry, na Hradčanském náměstí a v Loretánské ulici, byly elektrifikovány k 30.4.1985. Podle statistiky z 31.12.1987 k tomuto dni Prahu osvětlovalo celkem 119 901 elektrických svítidel, 7 144 zářivek, 1 725 žárovek, 111 032 výbojek, 26 125 rtuťových, 84 907 sodíkových a 26 halogenů [1].

Další boom v osvětlení Prahy nastal po roce 1989, kdy se v ulicích masivně rozšířila reklamní světla. Postupně také bylo řešeno osvětlení některých památek a dalších objektů, které výrazně doplňují veřejné osvětlení města [1].

3 VÝZNAM VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

Veřejné osvětlení (dále v textu jen VO) je veřejně prospěšným zařízením, které by mělo zajišťovat několik požadavků.

Mezi nejdůležitější požadavek patří bezpečnost. Kvalitní osvětlení významně snižuje nehodovost a s tím spojené škody na zdraví, majetku i životech. Dále má také vliv na snížení kriminality jak v oblasti vloupání do objektů, tak třeba i v oblasti násilných činů. Ze studií CIE (Mezinárodní organizace pro osvětlování) vyplývá, že při zlepšení osvětlení se snížil počet dopravních nehod s úrazy chodců na 55%, u ostatních účastníků dopravního provozu dokonce o 77% – celkově o 70%. Smrtelné úrazy klesly na 55%, těžké na 77% a lehké na 73%. To vše při zvýšené frekvenci vozidel i jejich průměrné rychlosti. Jiná studie provedená na deseti úsecích komunikací v šesti městech Německa (1994) ukázala, že při dvojnásobném osvětlení vozovky klesl počet dopravních nehod o 28% a počet nehod za účasti chodců nebo cyklistů klesl o 68% [13].

V oblasti kriminality je doloženo, že po zavedení moderního osvětlení klesl počet zločinů spáchaných na veřejných prostranstvích Clevelandu v USA o 19%. Ve Velké Británii v Presonu byl po redukci VO na 50% původní úroveň nárůst kriminality a vandalismu o 55%, počet loupeží v obchodech vzrostl o 66%, v domácnostech, provozovněch služeb shodně o 65%, počet krádeží ve vozidlech o 13% a počet okradených chodců o 25%. I v Lyonu ve Francii sledovali závislost podílu spáchaných zločinů na osvětlení. Při osvětlenostech pod 5 lx bylo zločinů 41%, při zvýšených osvětlenostech na 5÷10 lx pak došlo k poklesu na 32%. Na 19% klesla zločinnost při hladinách osvětlenosti mezi 10 a 15 luxy a při osvětlenosti nad 15 luxů se snížila kriminalita pouze na 8% [13].

Druhou hlavní funkcí VO je zajištění orientace v prostoru. Měla by být zajištěna dobrá viditelnost pro chodce na vozovce, chodníku, parku či náměstí, i pro řidiče projíždějící obcí nebo krajinou. Podle různých zdrojů vyplývá, že člověk přijímá 80÷90% všech informací prostřednictvím zraku. Z toho je zřejmé, že osvětlení nutně podporuje informovanost, a tedy i

schopnost se orientovat. Umožní vnímání celku i detailu, což je u VO zejména zdůraznění důležitých míst jako jsou přechody, křižovatky atd.

Neméně důležitý je i požadavek na estetické působení VO. Nevzhledná osvětlovací soustava může ovlivnit celkový dojem, kterým obec působí na návštěvníky, ale i na domácí. Například některá města mají prvky osvětlovací soustavy VO (stožáry, svítidla) v barvách, které jsou pro tato města typická. Přitažlivost města lze umocnit i kvalitním VO v nočních hodinách. To není jen osvětlení komunikací, ale také nasvětlení architektonicky zajímavých objektů, ať již historických, tak i moderních s výjimečným vzhledem. Osvětlený hrad, stejně jako venkovský kostelík, přiláká turisty náhodně projíždějící noční krajinou. Zvýší turistickou atraktivitu, a tedy i příjmy města [13].



Obrázek 3-1: Ukázka osvětlení zámku Mikulov [13].

4 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce bude pojednat o obecném konceptu a požadavcích na veřejné osvětlení spolu s popisem jednotlivých prvků, které se v sítích veřejného osvětlení vyskytují. Dále bude tato práce pojednávat o možnostech, které vedou k energetickým úsporám ve veřejném osvětlení a popíše systémy, které se již v praxi využívají. Nakonec by měla tato práce ještě obsahovat nastínění výpočtu energetické náročnosti u demonstrativní osvětlovací soustavy.

5 PŘEDPISY A NORMY SOUVISEJÍCÍ S VO

Protože se VO dotýká veřejného života, je na veřejných prostranstvích, a také proto, že VO souvisí i s dopravou, je zřejmé, že při řešení jeho problematiky se nelze vyhnout ani mnohým zákonům a předpisům právního nebo technického zaměření [13].

Zde je výpis nejvýznamnějších předpisů a norem týkajících se problematiky VO.

a) Zákony a vyhlášky:

- Zákon č. 128/2000 Sb., O obcích (obecní zřízení)
- Zákon 40/1964Sb. Občanský zákoník
- Zákon č. 86/2002 Sb., O ochraně ovzduší (a mnoho novelizací)
- Zákon č. 185/2001 Sb., O odpadech a změně některých dalších zákonů
- Zákon č. 22/1997 Sb., O technických požadavcích na výrobky
- Vyhláška 137/98Sb. Vyhláška o obecných technických požadavcích na výstavbu

b) Nařízení vlády:

- Nařízení vlády č.168/1997 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí (nahrazeno nařízením 17/2003 Sb.)
- Nařízení vlády č. 169/1997 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska elektromagnetické kompatibility (nahrazeno nařízením 18/2003 Sb.)

c) Normy:

- **ČSN EN 13 201 – 1 Osvětlení pozemních komunikací**

Část 1: Výběr třídy osvětlení

Tato technická zpráva nabízí metodiku přiřazení požadavků na osvětlení venkovních dopravních prostorů, specifikuje třídy osvětlení uvedené v EN 13201-2 a poskytuje návod pro jejich použití [17].

Komunikace lze rozdělit do tří základních tříd:

ME

komunikace pro vozidla se střední až vysokou povolenou rychlostí (MEW v případě převládajícího mokrého povrchu komunikace)

CE

komunikace v konfliktních oblastech jako jsou obchodní třídy, složitější křižovatky, okružní křižovatky, místa, kde se tvoří zácpy, apod.

S

komunikace především pro pěší a pro cyklisty

Dále je možno užít 3 doplňující třídy:

A

komunikace především pro pěší a pro cyklisty, poloválcová osvětlenost, doplňuje tř. A

ES

pěší zóny, za účelem snížení rizika kriminálního deliktu, doplňuje CE nebo S

EV

pro situace, kde je třeba zajistit dobrou viditelnost svislých ploch, např. na křižovatkách, doplňuje CE nebo S

Zatřídění komunikace do příslušné třídy je možno provést na základě získaných údajů o uživateli hlavního prostoru, geometrii prostoru, jeho využití a o vlivu okolního prostředí na světelné podmínky na komunikaci. K vyhodnocení jednotlivých údajů slouží formulář pro zatřídění komunikací. Znalost údajů, které jsou obsaženy v tomto formuláři je nezbytná pro zpracování kvalitního projektu veřejného osvětlení.

▪ **ČSN EN 13 201 – 2 Osvětlení pozemních komunikací**

Část 2: Výkonnostní požadavky

Definuje třídy osvětlení pro pozemní komunikace. Podle zatřídění komunikace dle ČSN CEN/TR 13201-1 stanovuje hodnoty pro jednotlivé třídy komunikací v následujících veličinách [17]:

- **Průměrný jas povrchu komunikace \bar{L} [cd/m²]** – vyjadřuje celkovou úroveň jasu, která ovlivňuje řidiče. Závisí na osvětlenosti a odrazných vlastnostech povrchu komunikace a na poloze pozorovatele. Užívá se pro třídy osvětlení ME a MEW.
- **Celková rovnoměrnost jasu U_0**
- **Podélná rovnoměrnost jasu U_i**
- **Prahový přírůstek – Omezující oslnění TI [%]**
- **Osvětlení okolí SR**
- **Průměrná osvětlenost \bar{E} [lx]** – užívá se pro třídy osvětlení CE, A
- **Minimální osvětlenost E_{min} [lx]** – užívá se pro třídy osvětlení S, ES a EV

▪ **ČSN EN 13 201 – 3 Osvětlení pozemních komunikací**

Část 3: Výpočet výkonnostních parametrů

Definuje a popisuje výchozí předpoklady a postupy, které je třeba používat při výpočtech osvětlení pozemních komunikací [17].

▪ **ČSN EN 13 201 – 4 Osvětlení pozemních komunikací**

Část 4: Metody měření výkonnostních parametrů

Určuje postupy vhodné pro fotometrická měření osvětlovacích soustav, uvádí příklady protokolů o měření [17].

- **ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů**

Část 2: Venkovní pracovní prostory

Tato norma obsahuje termíny a jejich definice, kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení, rozsáhlý soubor většiny venkovních prostorů a činností s uvedenými základními parametry osvětlení (udržovanou osvětleností, rovnoměrností osvětlení, činitelem oslnění GRL podle Mezinárodní komise pro osvětlení CIE, všeobecným indexem podání barev Ra a ve sloupci poznámka také doplňující údaje a upozornění) pro většinu oborů a činností a pokyny pro ověřování těchto parametrů. Odvození požadavků pro jiné, v této normě neobsažené, prostory a činnosti se má udělat porovnáním s údaji normy. Norma obsahuje rovněž požadavky na omezení tzv. rušivého osvětlení v době nočního klidu a v informativní Příloze A také Světelnětechnické požadavky na bezpečnost a zabezpečení pracovišť. Tato norma se rozsahem zahrnutých venkovních pracovišť a koncepcí, zásadně odlišuje od stávající české praxe, kdy byly požadavky na osvětlení v několika ČSN, a to v již zrušené ČSN 36 0451 Osvětlování průmyslových prostorů, ČSN 36 0051 Osvětlování povrchových dolů a lomů a ČSN 36 0061 Osvětlování železničních prostranství. Poslední jmenované ČSN se vydáním této normy ruší [18].

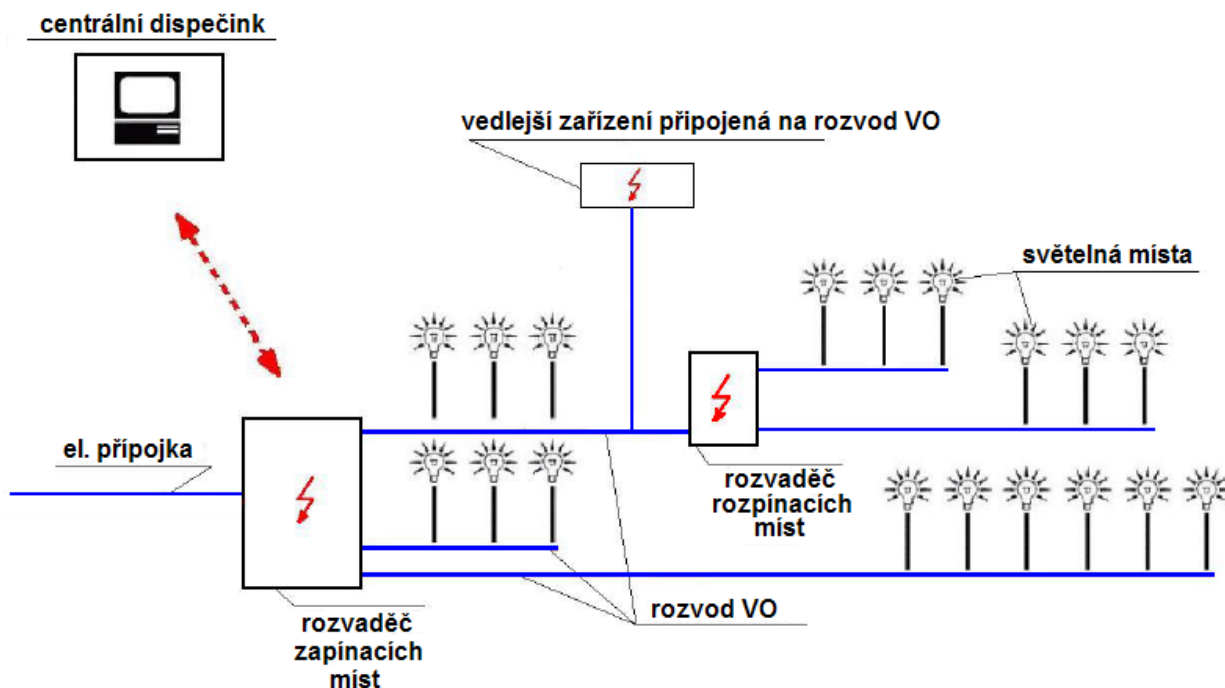
- **ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení – Osvětlení sportovišť**

Tato evropská norma je zaměřena na osvětlení sportovišť pro zabezpečení dobrých podmínek vidění pro sportovce, atlety, rozhodčí, diváky a pro přenos barevnou televizí. Cílem je stanovit doporučení a požadavky pro dobré osvětlení sportovišť pomocí optimalizace vnímání zrakové informace během sportovní činnosti, udržování úrovně zrakového výkonu, dosažení přijatelné zrakové pohody a omezení rušivého světla. Norma určuje osvětlení krytých i otevřených sportovišť pro ty druhy sportů, které jsou v Evropě nejčastější. Stanoví hodnoty osvětlenosti pro návrh a kontrolu instalací osvětlení sportovišť pomocí údajů o osvětlenostech, rovnoměrnosti osvětlení, omezení oslnění a barevných vlastnostech světelných zdrojů. Všechny požadavky jsou přitom stanoveny jako minimální. Určuje také metody, podle kterých se tyto hodnoty měří [18].

6 ZÁKLADNÍ PRVKY SÍTÍ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

Veřejné osvětlení je provozní soubor tvořený jednotlivými prvky, které tvoří samostatný funkční celek a vzájemně podmiňují svoji činnost. Tyto prvky lze následně rozdělit do těchto částí:

- 1) Elektrické přípojky veřejného osvětlení.
- 2) Rozvaděče zapínacích míst.
- 3) Rozvaděče rozpínacích míst.
- 4) Rozvod veřejného osvětlení.
- 5) Světelná místa.
- 6) Ovládání.
- 7) Vedlejší zařízení připojovaná na rozvod veřejného osvětlení.



Obrázek 6-1: Struktura soustavy VO [4].

6.1 Elektrické přípojky veřejného osvětlení

Elektrické přípojky jsou zásadně připojovány na síť TN-C o jmenovitém napětí 230/400 v třífázovém provedení. Přednostně jsou prováděny odbočením od spínacích prvků nebo přípojníc rozváděčů nízkého napětí v distribučních trafostanicích vn/nn. V případě technické nezbytnosti lze provést odbočení i z jiného místa distribučního rozvodu nn (např. z dělicí kabelové skříně). Elektrické přípojky VO jsou obvykle ukončeny přímo v zapínacím rozváděči na svorkách hlavního jističího prvku (jistič, pojistkový odpínač). Provedení elektrické přípojky VO musí splňovat podmínky platných ČSN, zejména ČSN 33 3320 a řady ČSN 33 2000.

Dimenzování a jištění elektrické přípojky VO a její provedení musí splňovat podmínky ČSN 33 2000-4-41, ČSN 33 2000-4-43, ČSN 33 2000-4-473 a ČSN 33 2000-5-523. Jištění pak musí být v místě odbočení z distribučního rozvodu nn minimálně o 3 stupně vyšší než je hodnota vstupního jištění v zapínacím rozváděči. V případě použití přípojkové skříně, musí být její jištění minimálně o stupeň vyšší, než je jmenovitá hodnota hlavního jištění rozváděče (doporučuje se volit uvedená jištění o dva stupně vyšší). Kabele elektrické přípojky VO se provádí kabelem CYKY s minimálním průřezem $4B \times 16 \text{ mm}^2$ a musí být na obou koncích označeny štítkem s údaji o materiálu a průřezu kabelu [5].

6.2 Rozvaděče zapínacích míst

Hlavní úlohou rozvaděče zapínacích a rozpínacích míst je napájení, jištění, zapínání a vypínání veřejného osvětlení v určité oblasti. Kromě těchto základních funkcí může rozvaděč splňovat ještě některé funkce nadstavbové, mezi něž patří především napěťová regulace, sběr a zpracování dat ze silové části a případně monitoring jednotlivých světelných bodů. Rozvaděče zapínacích míst se rozdělují na dvě základní části, a to část elektroměrovou a část rozváděčovou [5] [6].

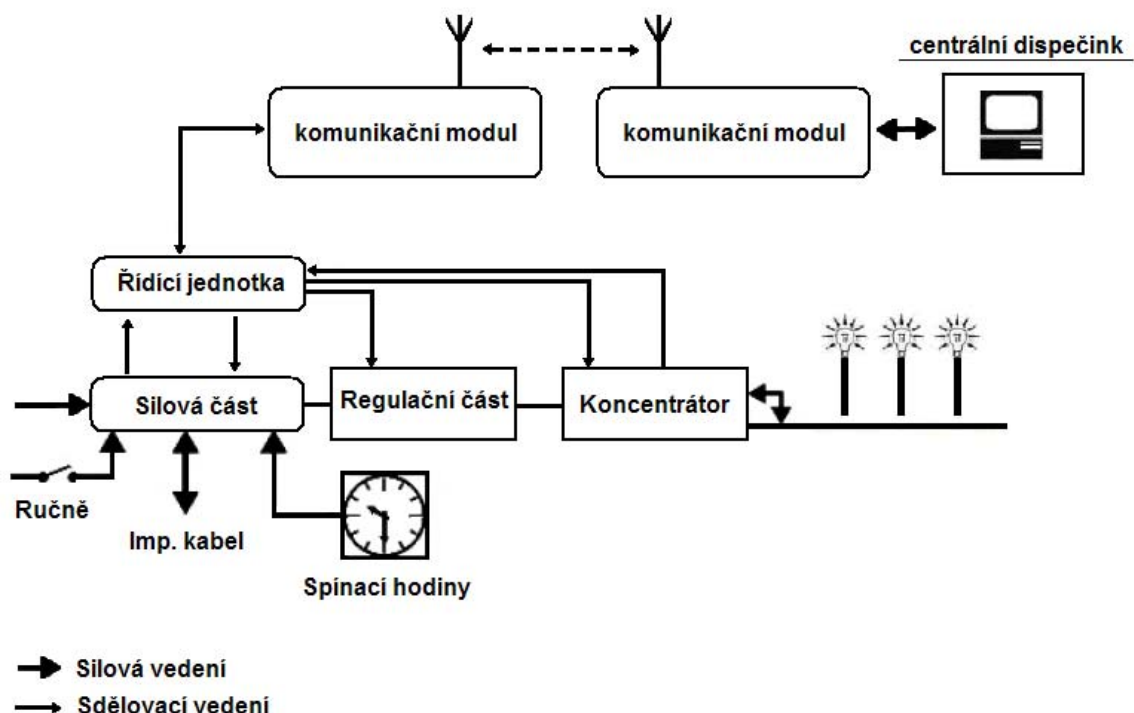
6.2.1 Část elektroměrová

Tato část rozvaděče se skládá ze tří základních prvků, kterými jsou elektroměr, hlavní jistič a přívodní svorkovnice.

6.2.2 Část rozváděčová

Tuto část rozvaděče lze dále dělit na:

- silová část
- regulační část
- řídicí část
- komunikační část
- část monitoringu světelných bodů



Obrázek 6-2: Blokové schéma rozvaděče zapínacích míst.

6.2.2.1 Silová část rozvaděče zapínacích míst

Část silová je samozřejmou součástí všech rozváděčů VO. Je napájena z elektroměrové části a v případě, že chybí regulační část, je napájení vedeno přímo na jističe jednotlivých větví. V případě, že rozvaděč regulační část má, prochází vedení měnič této regulační části, která ještě bývá pomocí zvláštních jističů odjištěna [6].

6.2.2.2 Regulační část rozvaděče zapínacích míst

Tento pododdíl slouží pouze jako informativní o umístění prvku v soustavě VO, jelikož problematice regulace bude věnovaná samostatná kapitola 8 Regulace soustav VO.

6.2.2.3 Řídicí část rozvaděče zapínacích míst

Řídicí část rozvaděče zapínacích míst obsahuje řídicí jednotku, ve které jsou naprogramovány všechny údaje nutné pro řízení rozvaděče VO. Tato jednotka může pomocí modemu komunikovat s dispečinkem nebo může pracovat samostatně. Tohoto módu se využívá i při poruchách na síti VO. Jednotka může zpravidla pracovat v různých režimech, pokud je spojena pomocí komunikační části s dispečinkem správce, může přenášet online data z rozvaděče VO na tento dispečink. Dojde-li k nějaké poruše komunikační části, můžou některé typy řídicích jednotek pracovat v off-line režimu umožňujícím bezproblémový chod sítě VO. Řídicí jednotka obvykle vyžaduje samostatný napájecí zdroj napětí. Při výpadku tohoto zdroje bývají často rozváděče vybaveny i záložními bateriemi, které tak po omezenou dobu řídicí jednotku mohou napájet. V řídicí jednotce jsou mimo jiné nainstalovány i astronomické hodiny, umožňující spínání VO [4] [6].

6.2.2.4 Komunikační část rozvaděče zapínacích míst

Tento modul umožňuje komunikaci řídicí jednotky rozvaděče s nadřazeným řídicím systémem, jako je například centrální dispečink. Komunikace zde probíhá oběma směry. Z rozvaděče jsou přenášena data představující stav, v jakém se soustava VO nachází tzn. poruchová hlášení, hlášení o průběhu regulace atd. Do rozvaděče jsou z centrálního dispečinku odesílána data řídicího charakteru. Tyto data pak například nastavují parametry regulace nebo přímo spouštějí a vypínají silovou část [4].

6.2.2.5 Část monitoringu světelných bodů rozvaděče zapínacích míst

Toto zařízení se skládá ze dvou základních částí. První z nich je čip, umístěný přímo ve svítidle a druhou částí je koncentrátor dat, umístěný v rozvaděči zapínacích míst. Pomocí tohoto koncentrátoru dochází ke sběru dat z jednotlivých světelných míst, poté spolu s řídicí jednotkou je vyhodnocuje a přes komunikační část posílá na centrální dispečink.

6.3 Rozvaděče rozpínacích míst

Rozvaděče rozpínacích míst slouží k rozbočení, popřípadě k odjištění jednotlivých větví soustav VO. Bývají plastového provedení s možností instalace zámku. Velikost rozvaděče je podmíněna počtem kabelů a elektrické výzbroje. Rozvaděče jsou vestavného provedení do fasád budov a pilířového provedení do volného terénu [5].

6.4 Rozvod veřejného osvětlení

Rozvod VO se zpravidla provádí buď pomocí venkovního vedení nebo kabelového vedení, kdy u venkovního vedení se jedná spíše už o starší způsob rozvodů VO. Fázový vodič pro světelná místa je umístěn na společné konzole s distribučním rozvodem nízkého napětí 230 / 400V. Vodič PEN se samostatně nerozdává a bývá využíván přímo ze soustavy rozvodu nn. Takto provedený rozvod VO musí splňovat požadavky kladené normou ČSN 33 3301.

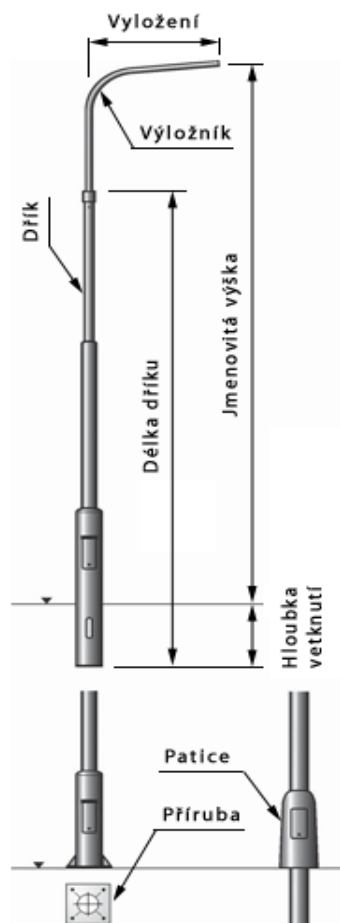
Častějším způsobem rozvodu VO jsou dnes kabelová vedení. Tyto kabely musí být kladeny v souladu s normou ČSN 34 1050.

6.5 Světelná místa

Světelná místa jsou tvořena nosiči (zpravidla stožáry s výložníky, převěsy, konzolami s výložníky), elektrickou částí a svítidly [5].

6.5.1 Nosič svítidla

Mezi nejčastější způsob nosiče svítidel patří stožáry s výložníky. Existují v celé řadě provedení. Výšky stožárů se mohou pohybovat v rozmezí 4 až 15 m dle použití. V městských částech, kde jsou větší nároky na zastavěnou plochu, se zase často můžeme setkat s nosiči v podobě převěsů. Mezi další možnosti řešení je použití konzol s výložníky [5]. Ukázka jednoho typu stožáru pro VO zobrazuje obr. 6-3.



Obrázek 6-3: Schéma stožáru pro VO [8].

6.5.2 Elektrická část

Elektrická výzbroj světelných míst by měla být umístěná uvnitř dříku stožáru, kde je chráněna uzamykatelnými dvířky nebo v připojovacích skříních. Elektrická část musí být provedena s ohledem na požadovaný stupeň krytí daný normou. Důležitým prvkem této části je jistící prvek, kterým musí být každé světelné místo samostatně jištěno [5].

6.5.3 Svítidlo

Svítidlo, spolu se svým jádrem – světelným zdrojem, představuje jeden z nejdůležitějších prvků soustavy VO. Svítidla by měla mít vysoký stupeň krytí IP proti znečištění optického systému, velkou světelnou účinnost a co největší využití světelného toku zdrojů pro osvětlení daných povrchů, konstrukci umožňující snadnou a rychlou údržbu a dlouhodobou stálost vlastností. Návrhy použitých svítidel by měly být doloženy výpočty rozložení světelného toku [5] [6].



Svítidlo - MARS 70W



Svítidlo - SAFÍR 2



Svítidlo - SCHREDER MC a MC12



Svítidlo - SIDONIA Z1

Obrázek 6-4: Ukázka některých typů svítidel VO.

6.5.3.1 Světelné zdroje a jejich základní vlastnosti

Světelné zdroje jsou jednou z nejdůležitějších součástí soustav VO. V této podkapitole budou uvedeny druhy, které se v současnosti používají spolu se stručným popisem jejich základních vlastností.

Žárovky

Patří mezi nejběžnější světelné zdroje. Výhodou je jejich jednoduchost a nízká cena, nevýhodou krátká doba života (1000 hodin) a malá účinnost přeměny elektrické energie na světlo. V dnešní době se ve VO již prakticky nepoužívají a jsou nahrazovány halogenovými žárovkami, kompaktními zářivkami, výbojkami malých příkonů nebo světelnými (LED) diodami [13].

Halogenové žárovky

Oproti obyčejným žárovkám se mohou pochlubit asi dvojnásobnou dobou životnosti i vyšším světelným tokem. Použití mají však opět omezené a jsou nahrazovány obdobně jako obyčejné žárovky [13].

Kompaktní zářivky

Tyto světelné zdroje se závitem E27 nebo speciálními paticemi jsou náhradou za předešlé dva uvedené typy. Využívají se pro nenáročné aplikace, jako je osvětlování pěších komunikací, zastávek apod. Pro osvětlení důležitějších komunikací jsou však zcela nevhodné, jelikož nemohou zajistit dostatečně kvalitní osvětlení [13].

Lineární zářivky

Při použití ve venkovním osvětlení se tyto zdroje objevují na méně důležitých místech, v menších obcích nebo na podřadných komunikacích. Problém u nich nastává v zimě, kdy jejich velká závislost světelného toku na teplotě způsobí, že je tento tok velice nízký. Existují už i zářivky v provedení do chladu, které uvedenou závislost nevykazují, ale i tak se tyto zdroje hodí spíše k venkovnímu pracovnímu osvětlení než k osvětlování komunikací. Použitelné jsou v případě venkovních nákladových ramp, krytých nástupišť, zastávek MHD apod. Důležitější komunikace nejsou schopné ekonomicky osvětlit [13].

Vysokotlaké sodíkové výbojky

Nejpoužívanějšími světelnými zdroji ve VO jsou výbojky. V dnešní době bezpečně vedou vysokotlaké sodíkové výbojky. Použití těchto zdrojů v osvětlovací praxi vede k významné úspoře elektrické energie. Uplatnění naleznou prakticky ve všech oblastech veřejného a venkovního osvětlení. Využívají se i při osvětlování architektonicky nebo památkově zajímavých objektů. Jsou charakteristické svou žlutou až oranžovou barvou [13].

Nízkotlaké sodíkové výbojky

Jsou to zdroje s nejvyšší účinností přeměny elektrické energie na světelnou (nejvyšším měrným výkonem). Jejich použití je však velice problematické, jelikož u nich dochází k rychlému úbytku světelného toku. Podle rozborů vyplývá, že ve velkých soustavách je ekonomické vyměňovat světelné zdroje po úbytku cca 10% světelného toku. K tomu dochází u těchto zdrojů poměrně brzy, čímž se tedy stávají relativně drahými. K tomu přispívá i obtížné zpracování světelného toku díky rozměrům zdroje. Ve výsledku je pak celková účinnost kombinace svítidlo – světelný zdroj nižší, než u těžké dvojice s fyzicky vhodnějším zdrojem, jako je například vysokotlaká sodíková výbojka. Dalším závažným nedostatkem je jejich monochromatické vyzařování, jelikož v jejich světle nelze rozlišovat barvy. V místech, kde jsou použity, se musí zajistit osvětlení dopravních značek jiným zdrojem světla, protože jinak by byly značky barevně nerozlišitelné. Jejich využití je tedy velmi sporné. Oprávněnost použití je nutné doložit kvalitním návrhem osvětlovací soustavy a korektním ekonomickým rozbořem. Obecně nelze tyto zdroje pro VO doporučit [13].

Vysokotlaké rtuťové výbojky

Tyto světelné zdroje se díky nízkému měrnému výkonu přestávají ve VO používat. Přestože jejich použití stále klesá a jsou nahrazovány účinnějšími halogenidovými a zejména vysokotlakými sodíkovými výbojkami, lze očekávat, že se budou používat i v nejbližší budoucnosti pro svojí poměrně nízkou cenu. Pro barevné odlišení se používají v rámci osvětlování pěších zón, parků, nákupních pasáží, veřejných prostorů a parkovacích ploch obchodních center. Z energetického hlediska však nemají tyto světelné zdroje žádný potenciál využití do budoucnosti [13].

Vysokotlaké halogenidové výbojky

Pro své dobré barevné podání a vysoký měrný výkon jsou tyto výbojky velmi vhodné pro osvětlování venkovních prostorů a komunikací. Účinnější jsou jen sodíkové vysoko a nízkotlaké výbojky. Halogenidové výbojky jsou vhodné tam, kde je důležité dobré barevné podání, třeba ve společenských centrech měst. Jiné použití je na místech, kde je žádoucí odlišit barevně nějaký kritický úsek komunikace. Často se toho využívá na přechodech pro chodce, případně vjezdech, křižovatkách apod. Uplatnění nachází i při osvětlování architektonicky a památkově významných

objektů. Jejich nevýhodou ve srovnání s vysokotlakými sodíkovými výbojkami je jejich nižší doba života a vyšší pořizovací náklady [13].

Svítící diody (LED diody)

Světelnými zdroji budoucnosti jsou svítící diody. Stále je v jejich vývoji dosahováno značných pokroků a postupně se zvyšuje i jejich světelný tok. Přesto pro ekonomické a energeticky účinné osvětlení zatím není jejich měrný světelný výkon dostatečný. Jejich doba nastane odhadem tak nejdříve za 5 let, kdy se předpokládá, že budou přeměňovat elektrickou energii na světlo stejně účinně jako výbojky. Ač jsou nazývány také studenými zdroji, paradoxně je jejich největším problémem odvod tepla. Mezi výhody těchto zdrojů patří malé rozměry, což umožňuje konstrukci rozměrově malých svítidel. V současnosti je využití svítících diod pro venkovní osvětlení posunuto spíše do roviny dekorativní [13].



Obrázek 6-5: Svítidlo využívající technologii svítících diod (LED) [13].

6.6 Ovládání VO

Ovládací systém je ve své podstatě mozkem (centrální dispečink) celého zařízení VO. Musí zajistit spolehlivé zapínání a vypínání zařízení VO z jednotlivých zapínacích míst podle spínacího kalendáře VO, ovládání činnosti případných regulátorů a v dnešní době se od něj očekává i možnost zpětných informací o stavu zařízení VO (zapnuto – vypnuto, případně aktuální velikost odběru elektrické energie, která může signalizovat lokální výpadky ve větvích rozvodu VO) a v neposlední řadě by měl umožňovat okamžitý dálkový přenos důležitých informací funkčního charakteru (ztráta napájecího napětí, neoprávněný vstup do rozvaděče apod.) a shromažďovat k hromadnému přenosu nejdůležitější provozní údaj – stav elektroměru a množství odebrané elektrické energie za stanovené období [9].

V současné době v naprosté většině splňuje ovládání přenos impulsu mezi rozváděči nebo zajišťuje spínání vlastním vestavěným ovládacím prvkem (fotočidlo, spínací hodiny, přijímač HDO).

Ovládání VO bývá zpravidla provedeno:

- samostatnými ovládacími kabely od hlavního zapínacího místa
- kaskádním spojením (zapnuté VO po silovém rozvodu větve zapíná další rozváděč VO)
- systémem HDO (kde to energetická síť umožňuje)
- časovými spínači
- fotoelektrickými spínači
- astronomickými hodinami
- rádiovým signálem
- prostřednictvím telefonních linek
- prostřednictvím řídicího počítače
- ručním ovládáním

Jednotlivé prvky ovládání se pak v praktickém provozu vzájemně kombinují, např. fotoelektrický spínač popř. spínací hodiny s HDO, kaskádovým zapojením nebo s ovládacími kabely. Nejekonomičtější se jeví kombinace fotoelektrický spínač – spínací hodiny s celoročním astronomickým programem, zohledňujícím časy východu a západu slunce [15].

6.6.1 Spínání VO podle doporučení platných norem

Doporučená norma pro veřejné osvětlení ČSN 36 0400 která v současné době podléhá normě ČSN CEN/TR 13201-1 doporučuje v odstavci „6.2. Doba osvětlení” následující parametry pro zapínání a vypínání veřejného osvětlení [9]:

- Odstavec 6.2.1. – Doba provozu osvětlení musí být stanovena časovým plánem osvětlení vypracovaným provozovatelem VO [9].
- Odstavec 6.2.2. – Časový plán osvětlení se odvozuje pro danou geografickou oblast s přihlédnutím k hustotě zástavby, provozu a případně víceúrovňové regulaci [9].
- Odstavec 6.2.3. – Obecně platná doba zapínání a vypínání je uvedena v tabulce 6-1 [9].

Tabulka 6-1: Tabulka pro obecně platnou dobu zapínání a vypínání VO [9].

Období	Zapnutí	Vypnutí
zimní (23.9. až 20.3.)	1/2 h po západu slunce	1/2 h před východem slunce
letní (21.3. až 22.9.)	3/4 h po západu slunce	3/4 h před východem slunce

- Odstavec 6.2.4. – Při samočinném zapínání fotoelektrickými spínači se na plochách husté zástavby a v místech s vysoce náročnými dopravními podmínkami zapíná VO večer v okamžiku, kdy horizontální intenzita osvětlení ve volném terénu poklesne na hodnotu 80 lx a vypíná ráno, jakmile horizontální intenzita osvětlení stoupne na 40

lx. Na plochách mimo zástavbu mohou být hodnoty zapínání 40 lx a vypínání 20 lx [9].

- Odstavec 6.2.5. – Vyžadují-li to meteorologické podmínky, může se osvětlení zapínat a vypínat i mimo dobu stanovenou časovým plánem osvětlení [9].

6.6.2 Astronomické hodiny (astronomický kalendář)

Astronomické hodiny neobsahují žádná optická čidla ani jiné externí zařízení. Po instalaci nevyžadují žádnou mimořádnou obsluhu ani údržbu. Při výpadku síťového napájení si spínače zachovávají všechny nastavené hodnoty potřebné pro spolehlivé spínání veřejného osvětlení po obnovení napájení. Doba zálohování reálného času je minimálně 60 dní. Jednotlivé typy se navzájem liší jen počtem výstupních kanálů, které jsou určené pro ovládání stykačů jednotlivých větví veřejného osvětlení. Princip činnosti spínačů astronomických hodin vychází z toho, že během roku není čas soumraku a úsvitu stejný, ale, že se den ze dne mění. Na základě aktuálního datumu (vnitřních hodin reálného času) a předtím dané tabulky spínání spínač automaticky přestavuje časy zapnutí a vypnutí veřejných osvětlení. Aktualizaci časů řeší spínač automaticky vždy pro každý den v roce. Časy zapnutí a vypnutí je možné ještě korigovat samostatnou korekcí pro každý kanál až do hodnoty 99 minut. Je to celoroční korekce, protože je pevná, zapnutí a vypnutí jednotlivých kanálů je korigované pro každý den v roce stejně. Použitím těchto korekcí se dají nastavit předstihy a opoždění v jednotlivých kanálech navzájem. Tak se dá realizovat například postupné zapínání a vypínání veřejného osvětlení [14].

Pro každý z kanálů spínače je možné nastavit interval nočního vypínání. V případě, že se na snižování příkonu v síti veřejných osvětlení používá jiné externí zařízení, například napěťový regulátor, je tato vlastnost spínače použitelná pro jeho ovládání.

Všechny uvedené vlastnosti spínače si může uživatel nastavit sám, pomocí displeje a tlačítek. Nežádoucímú zásahu do nastavení spínače je možno zabránit nastavením přístupového hesla [14].

6.7 Vedlejší zařízení připojovaná na rozvod veřejného osvětlení

K rozvodu VO bývají připojena i jiná zařízení například osvětlené dopravní značky, jízdenkové automaty, zastávky MHD, reklamní zařízení atd. Připojení těchto zařízení na kabelovou síť VO může být provedeno pouze na základě řádně uzavřené smlouvy se správcem při splnění všech stanovených připojovacích podmínek. Napájení veřejných hodin, světelných reklam, jízdenkových automatů a dalších podobných zařízení se připojuje na fázi osvětlení s ohledem na rovnoměrnost zatížení. Jištění těchto zařízení se provádí podle jejich příkonu a pojistky se umísťují do zařízení veřejného osvětlení.

7 PROVOZ A ÚDRŽBA VO

Tato kapitola se bude zabývat doporučením pro provoz a údržbu v soustavách VO.

7.1 Provoz veřejného osvětlení

Provoz osvětlovací soustavy veřejného osvětlení neznamena pouze zapínání a vypínání (zmínka viz kapitola 6.6). Především je nutné udržovat VO v dobrém stavu. Nejen proto, že je to povinností vlastníka, ale především proto, aby se zajistila jeho správná funkce.

Přesto ještě pár slov k zapínání a vypínání. Existuje několik způsobů - pomocí spínacích hodin, astronomických hodin, které „ví“, kdy slunce vychází a kdy zapadá (viz kapitola 6.6.2), pomocí světelného čidla, nebo docela obyčejně, pomocí běžného vypínače. Spínání ruční, třeba ovládané signálem z mobilního telefonu nebo z internetu, je velice primitivní a má smysl jedině ve velmi malých soustavách. Ani zapínání pomocí časového spínače není nejlepší řešení. Tento fakt nevylepší ani astronomický program. Vyskytují se totiž případy, kdy je nutné rozsvítit i během dne. Například při nepřízní počasí. Nejvhodnější je tedy použití světelného čidla nastaveného tak, aby za soumraku osvětlení zapnul a za svítání opět vypnul. Další činnosti související s provozem soustav veřejného osvětlení jsou popsány v následujících odstavcích [13].

7.2 Údržba osvětlovacích soustav veřejného osvětlení (VO)

Veřejné osvětlení jako každé složitější technické zařízení musí být udržováno. Tím spíše, že se jedná o vyhrazené technické zařízení. Od roku 1995 platí technická norma ČSN 33 2000-1 a článek 13N6.2 kde se praví, že: „*Elektrická zařízení musí být pravidelně kontrolována a udržována v takovém stavu, aby byla zajištěna jejich správná činnost a byly dodrženy požadavky elektrické a mechanické bezpečnosti a požadavky ostatních předpisů a norem*“ [13].

Údržbu VO lze rozdělit do pěti činností:

- Běžná údržba
- Preventivní údržba
- Odstraňování následků škod a vandalismu
- Zajištění centrálního dispečinku a pohotovostní poruchové služby
- Zajištění pravidelných elektrevizí

7.2.1 Běžná údržba

Zahrnuje všechny nezbytné úkony k zajištění plynulého provozu zařízení VO prováděné podle platných předpisů. S výkonem běžné údržby je také spojena kontrolní činnost pracovníků údržby, kteří při pohybu v terénu zjišťují a zaznamenávají veškeré informace o poškozeních, o zvláštních stavech na zařízení, případně nepovoleném využívání stožárů apod. Do kontrolní činnosti také patří pravidelné noční kontroly spravovaného území za účelem ověření funkčnosti celé soustavy, zjištění problematických míst, kde je nutné přijmout určitá dlouhodobá koncepční opatření, zjištění dílčích ojedinělých výpadků, aniž by bylo nutné čekat na nahlášení ze strany obyvatel nebo jiných účastníků silničního provozu (MHD, policie, záchranný sbor) [13].

7.2.2 Preventivní údržba

Je nejekonomičtější formou údržby zařízení a také rozhodující činností, která v případě řádného plánování a provádění pozitivně ovlivňuje délku života zařízení. Podceňování preventivní údržby vede k hromadění problému se zajištěním provozu VO (zejména v zimních měsících), prodražuje se běžná údržba, zhoršuje se účinnost osvětlovací soustavy, a tím hospodárnost provozu. Šetření finančních prostředků na úkor preventivní údržby má ve svých důsledcích za následek značné ekonomické ztráty v podobě zvýšených nákladů běžné údržby, mnohdy to vede i k předčasné potřebě celkové rekonstrukce zařízení pro jeho havarijní stav [13].

7.2.3 Odstraňování následků škod a vandalismu

Poměrně častým úkolem údržby je také oprava škod na zařízení VO způsobené vnějším vlivem (často jsou to vandalové). Rozbité kryty svítidel a odcizené plastové patice osvětlovacích stožárů ohroží správnou funkci zařízení, ale mohou též zapříčinit zranění nebo dokonce ztrátu života. Proto je důležitá pravidelná kontrola, zejména ve vytipovaných kritických oblastech města [13].

7.2.4 Zajištění centrálního dispečinku a pohotovostní poruchové služby

S problémem popsáním v předešlém odstavci souvisí potřeba zřízení a provozu nepřetržité pohotovosti a centrálního řízení provozu VO [13].

7.2.5 Zajištění pravidelných elektrorevizí

Je už jen běžnou součástí údržby, resp. zajištění provozu, osvětlovacích soustav veřejného osvětlení.

7.3 Výměna světelných zdrojů a čištění svítidel

Jak vyplývá z předcházejícího textu je potřeba postupně přecházet od nahodilých, operativních výměn světelných zdrojů na základě zjištěných nebo nahlášených výpadků k plánovaným plošným výměnám v rámci preventivní údržby VO. Jednotlivá oprava na různých a od sebe vzdálených světelných místech je tou nejdražší formou údržby. Je nutné si uvědomit stoupající cenu hodinové práce pracovníků a stejně tak stoupající náklady na nezbytný montážní mechanismus.

Totéž platí o individuálním čištění svítidel. Je proto nutné v rámci preventivní údržby a obnovy používat svítidla s vysokým krytím světelně činné části a takovým provedením světelných krytů, které mají jistou míru samočisticí schopnosti. Čištění svítidla musí být součástí každého úkonu údržby na svítidle (při výměně zdroje, opravě předřadníku), tedy vždy kdy musí být k výkonu použita montážní plošina. Pravidelnému nákladnému čištění svítidel se nevyhneme ani u speciálních historizujících svítidel (zejména lucerny, opletené koule apod.). Rozsah nasazení je však v každém městě či obci omezen, nejčastěji na centrum nebo vymezené památkové zóny [13].

8 REGULACE SOUSTAV VO

Jedním z požadavků na systém VO je snížení spotřeby elektrické energie, a tím i snížení provozních nákladů. Použitím regulace je tedy základem pro ekonomicky málo náročné soustavy. Regulovat VO lze v principu dvěma způsoby – vypínáním nebo snížením napětí (sekundárně tedy příkonu).

8.1 Vypínání veřejného osvětlení

Vypínat VO lze prakticky třemi způsoby – vypnout vše nebo vypnout polovinu světel, případně provozovat osvětlení pouze na kritických místech.

Nejméně nebezpečná, z hlediska dopravy, a současně i nejúspornější je metoda první, tedy vypnout vše. Je to způsob, který je k vidění v malých vesnicích. Tento způsob je nejbezpečnější z pohledu dopravy proto, že oko se přizpůsobí tmě (adaptuje se na tmu). O nebezpečí vypnutí na polovinu je napsáno dále. Nežádoucí důsledek tohoto způsobu šetření náklady je to, že odpadne bezpečnostní funkce osvětlení. V místech bez osvětlení významně stoupá kriminalita. Nelze tedy tento způsob regulace provozu VO doporučit [13].

Druhým způsobem je vypínání osvětlení s výjimkou kritických míst, jako jsou přechody pro chodce, křižovatky a podobně. Tento způsob je opět velmi nebezpečný, protože řidič se rychle dostane z neosvětleného úseku na osvětlený a opět přejíždí do neosvětleného úseku. To znamená, že oko se musí rychle adaptovat na odlišné jasové podmínky. Toho není schopno. Řidič vjíždějící do osvětleného prostoru je oslněn, řidič tento prostor opouštějící jede chvíli v podstatě naslepo. Jediné řešení by bylo pozvolna zvyšovat intenzitu osvětlení a pak ji opět zvolna snižovat. To znamená, vytvořit tzv. adaptační pásma. To je dost dobře nemožné. Tomu by musela být uzpůsobena osvětlovací soustava a u několika svítidel před a za úsekem regulovat jejich světelný výkon (takovýto způsob funguje pouze u dlouhých osvětlených tunelů).

Poslední způsob vypínání „ob stožár“, tedy vypnutí každého druhého svítidla je ještě horší řešení, než předchozí způsob. Oko se musí neustále adaptovat na světlo a okamžitě na tmu. Existují zprávy z období, kdy se tímto způsobem řešila energetická krize sedmdesátých let minulého století. Následkem takového svícení vzrostla dopravní nehodovost o desítky procent [13].

8.2 Regulace snížením napětí

Prakticky jediná jednoduše realizovatelná možnost regulace příkonu a tím i výkonu světelných zdrojů ve svítidlech je v případě VO možná prostřednictvím napájecího napětí osvětlovací soustavy. Regulací napájecího napětí osvětlovací soustavy v dovolených mezích lze dosáhnout přibližně polovičního činného příkonu při snížení světelného toku svítidel na přibližně třetinu – tak hovoří příručky a učebnice z oblasti elektrického světla. Jak již tedy bylo zmíněno, snižování napětí má za následek i snižování světelného toku jednotlivých zdrojů, na což musí být brán ohled dle příslušných norem. V nich je stanovená hodnota osvětlení v závislosti na umístění veřejného osvětlení a noční hodině, v které je soustava regulována. Dnes se používají systémy s plynulou regulací, čímž se redukuje odběr elektrické energie v době sníženého provozu. Celková míra úspor spotřeby elektrické energie se pohybuje na úrovni 30 až 40 %. Další výhodou regulace

je i prodloužení životnosti většiny používaných světelných zdrojů, což vede k dalším úsporám na nákladech spojených s jejich výměnou. V soustavách, kde se neprovádí regulace, dochází obvykle v nočních hodinách ke vzniku přepětí, které má za následek podstatné snížení technického života světelných zdrojů. Často se udává, že 5-ti % přepětí v síti má za následek 10-ti % zvýšení příkonu soustavy VO a výrazné zkrácení života světelných zdrojů v ní použitých. Pod pojmem regulace napětí osvětlovací soustavy si lze tedy představit snižování napětí od jmenovité hodnoty $U_n = 230V$ na minimální přípustnou provozní velikost U_{min} udávanou výrobcí komponentů svítidel. Například při použitých výbojových světelných zdrojů jsme pak omezeni tím, že nám nesmí poklesnout amplituda napájecího napětí pod minimální hodnotu, při které ještě dojde k zapálení výboje [6] [9].

Regulaci ve veřejném osvětlení lze rozdělit těmito základními způsoby:

- externí (centrální)
- interní (individuální)

Dále lze regulaci rozdělit podle snížení efektivní hodnoty napětí na:

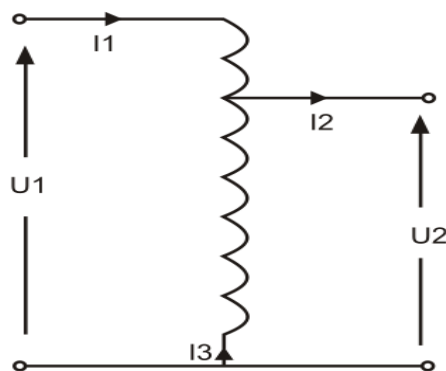
- fázovou
- amplitudovou

8.2.1 Externí regulace soustav VO

Externí (centrální) regulace se nejčastěji provádí fázovou nebo amplitudovou regulací napájecího napětí u osvětlovacích soustav veřejného osvětlení se sodíkovými výbojkami. Tento způsob regulace u svítidel se světelnými diodami již není možný a je třeba použít svítidla se samostatným řídicím vstupem. Přenos řídicího signálu lze provést například pomocí řídicího kabelu, modulace nebo radiofrekvenčního přenosu. Základními vstupními informacemi, které lze použít jako vstupů do řídicího systému pro regulaci úrovně osvětlení je například úroveň denního osvětlení, jas povrchu komunikace, hustota provozu, noční doba, pevně nastavený provozní režim apod. [3]

8.2.1.1 Regulátory využívající odbočkových TR a autotransformátorů

Tento princip regulace je jedním z nejjednodušších. Při této regulaci se mění efektivní hodnota napájecího napětí tak, že se snižuje jeho amplituda. Jedná se tedy o amplitudovou regulaci. Základním prvkem může být například systém toroidních autotransformátorů, doplněný o potřebné ovládací relé. Regulace tímto způsobem je prováděna jako centrální a hodí se pro výbojové světelné zdroje s kompenzací, ale i bez ní. Nevýhodou je zde však to, že se přes odbočkový transformátor mohou do sítě VO přenášet ze soustavy napájecího napětí poruchy, jakými je například pokles napětí nebo deformace průběhu. Další nevýhodou je robustnost těchto zařízení spojená s vyšší hmotností a dále také s vyšší cenou. Naproti tomu mívají vyšší provozní spolehlivost a odolnost proti přepětí a nadproudu, což může vést k menším provozním nákladům. Tyto regulátory se především používají v rozsahově velkých a středních soustavách VO. Důvodem je schopnost práce s většími proudy, než regulátory využívající polovodičové prvky.

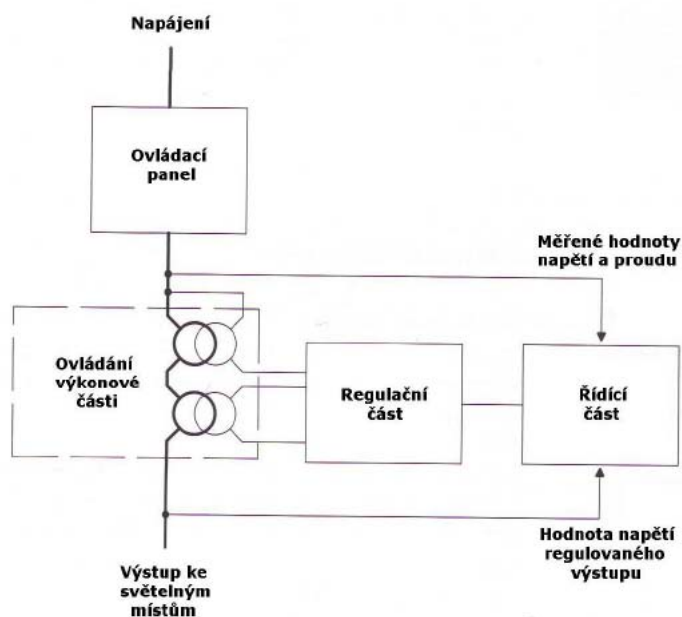


Obrázek 8-1: Schéma autotransformátoru.

Příkladem amplitudové regulace je například regulátor REVERBERI [19], jež je produktem firmy Merloni Progetti. Tento způsob regulace pracuje na principu změny efektivní hodnoty napětí, ke které dochází změnou amplitudy napětí. Regulační systém je založen na transformátorové regulaci ve výkonové řadě od 8kVA do 140 kVA. Systém bývá obvykle dodáván jako celek v samostatném plastovém rozvaděči a instaluje se buď v blízkosti stávajícího rozváděče VO nebo místo něj. Systém je určen především pro plynulou regulaci vysokotlakých sodíkových výbojek pracujících s konvenčními předřadníky. Postupným vývojem tohoto systému došlo k maximálnímu snížení pohyblivých částí, z čehož plyne nižší náchylnost k poruše a tedy vyšší spolehlivosti. Regulátor Reverberi stabilizuje napětí na různých úrovních za použití digitálního řídicího systému, který zajišťuje vynikající spolehlivost při nižší hmotnosti a menších rozměrech. Každodenní zapnutí a vypnutí VO nemusí být prováděno z dispečerského stanoviště, neboť je rozváděčová skříň vybavena astronomickými hodinami, umožňující samostatné spínání. Výrobce udává, že je možno tímto zařízením dosáhnout úspor energie až 50% [19].



A)

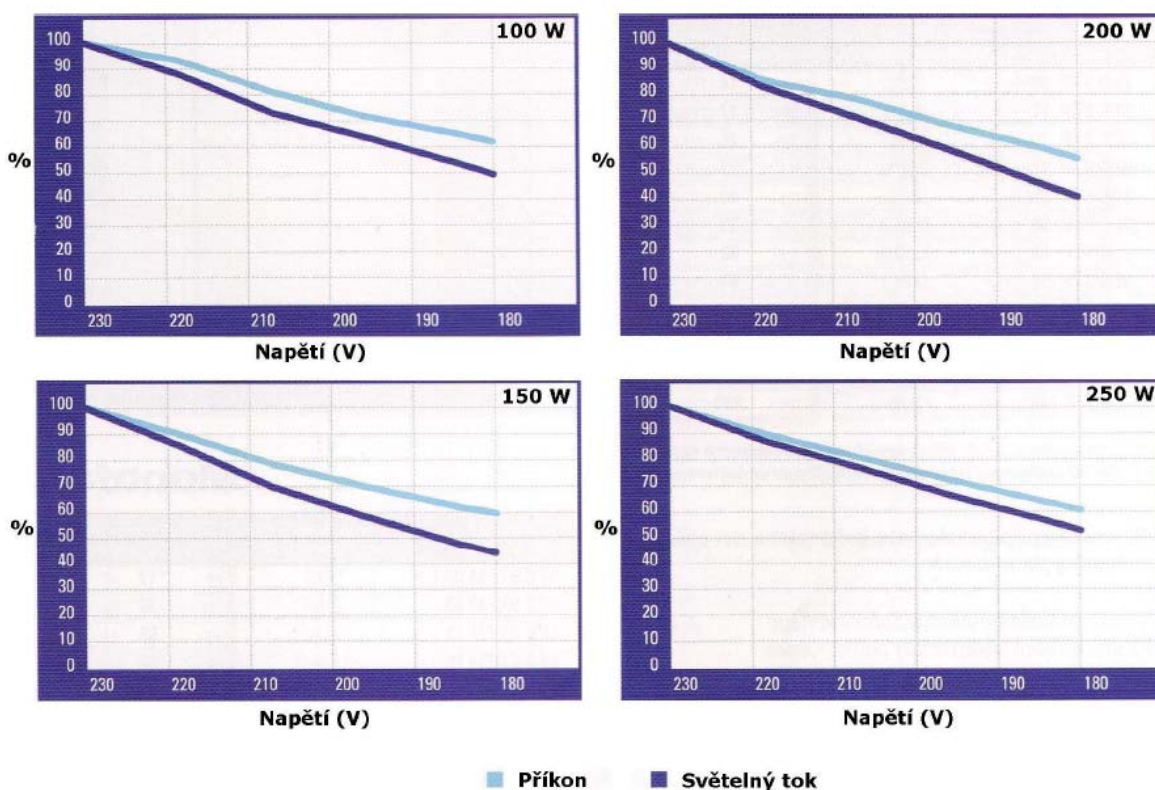


B)

Obrázek 8-2: Regulátor REVERBERI a jeho vnitřní blokové uspořádání [19].

Princip je patrný z obrázku 8-2 B. Řídící část vyhodnocuje velikost napětí na napájecí straně a pomocí regulační části je toto napětí ve výkonové části upravováno na požadovanou hodnotu. Současně řídící část hlídá i napětí na výstupní straně systému a tak má ještě možnost doregulovávat vzniklé odchylky. Vyhodnocování vstupního proudu slouží především k detekci poruch jako například výpadek některého světelného zdroje.

Tento systém regulace je vhodný pro soustavy VO s klasickým (indukčním) předřadníkem a vysokotlaké sodíkové výbojky. Na obrázku 8-3 jsou znázorněny provozní charakteristiky vysokotlakých sodíkových výbojek při regulaci výše popisovaným systémem.



Obrázek 8-3: Provozní charakteristiky vysokotlakých sodíkových výbojek [19].

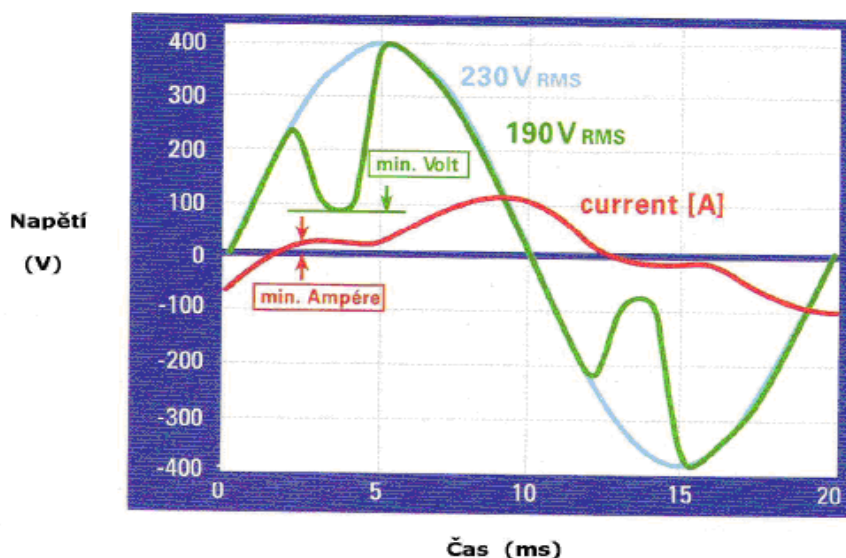
8.2.1.2 Regulátory využívajících polovodičové měniče

Tyto regulátory pracují pomocí spínacích prvků, které mění fázi napájecího napětí, jedná se tedy o fázovou regulaci. V současné době velmi rozšířený způsob regulace, používající se u soustav VO menších rozsahů. K hlavním výhodám těchto regulátorů patří především nízká hmotnost a malé rozměry, snadná instalace a také nízká pořizovací cena.

Příkladem mohou být výrobky firmy INTELUX [11]. Tyto regulátory umožňují plynulou regulaci výbojových světelných zdrojů změnou efektivní hodnoty napájecího napětí u výbojek vybavených konvenčními elektromagnetickými předřadníky. Regulátor komunikuje po páteřní datové lince s řídící jednotkou, ve které jsou naprogramovány regulační křivky, podle kterých regulace probíhá. Regulační křivky se mění nejen vzhledem k ročnímu období, ale lze s jejich

pomocí korigovat i stárnutí výbojek a udržovat konstantní osvětlení s ohledem na platné normy[11].

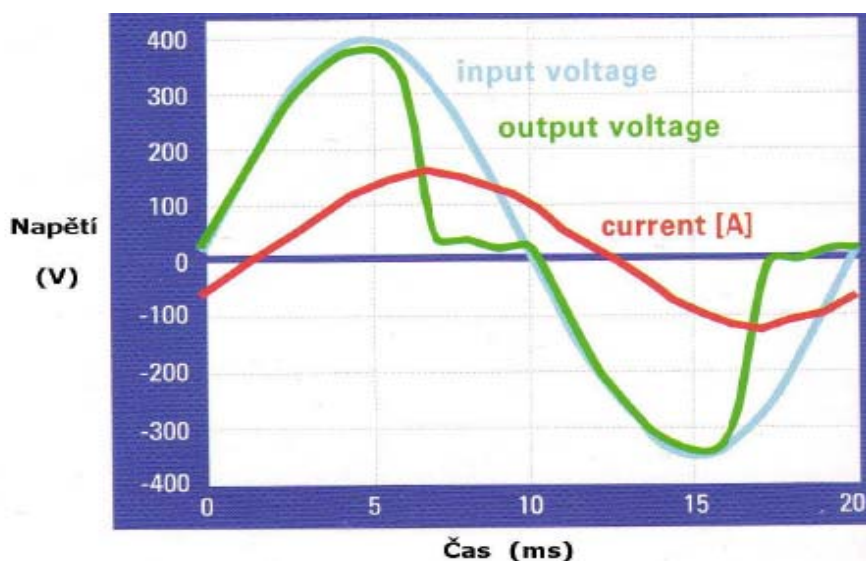
Systém INTELUX se vyrábí ve dvou základních provedeních. V prvním případě se jedná o typ označený jako INTELUX SC. Tento měnič využívá k regulaci antiparalelního zapojení tyristorů, které jsou řídicím systémem vhodně spínány. Průběh neregulovaných a regulovaných elektrických veličin regulátoru INTELUX je na obrázku 8-4. Z průběhu je zřejmé, že regulátor nelze užít u kompenzovaných svítidel, neboť prudké změny napětí by způsobovaly velké proudové špičky, kterými by pak byl přetěžován celý systém [19].



Obrázek 8-4: Časové závislosti napětí a proudu regulátoru INTELUX SC [19].

Druhým typem je regulátor označený jako INTELUX NG (new generation) [19]. Tento regulátor je současným nejnovějším měničem firmy Merloni Progetti [19]. Na rozdíl od staršího modelu, tento měnič jako spínacích prvků nevyužívá tyristory, ale moderní IGBT tranzistory. Velkou výhodou tohoto měniče je, že je schopen regulovat jak nekompenzovaná, tak kompenzovaná svítidla a to v rozsahu 100% - 40% jmenovitého světelného toku.

Průběhy elektrických veličin jsou zobrazeny na obrázku 8-5. Kromě regulace a stabilizace napájecího napětí umožňuje tento měnič také SOFT-START světelného zdroje, který prodlužuje jeho technický život [19].



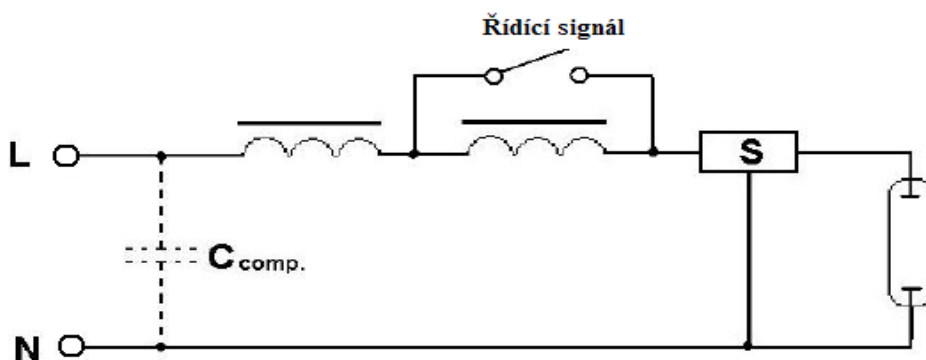
Obrázek 8-5: Časové závislosti napětí a proudu regulátoru INTELUX NG [19].

8.2.2 Interní regulace soustav VO

Interní regulace se provádí samostatně na každém svítidle. Jedná se o zařízení, které je umístěno přímo ve svítlidlech nebo ve stožáru VO, na kterém lze nastavit požadovaný provozní režim. Výhodou těchto systémů je to, že nevyžadují centrální řídicí systém. Svítidla lze přitom ovládat jednoduchým zapnutím a vypnutím napájecího napětí. Nevýhodou je skutečnost, že provozní režim nelze změnit nebo upravit centrálně z jednoho místa [3].

8.2.2.1 Regulace pomocí přidavných tlumivek

Tato regulace se provádí tak, že do svítidla je přidána jedna klasická indukční tlumivka navíc překlenutelná by-passem. Tato tlumivka se pak signálním kabelem připojuje nebo odpíná, čímž je vytvořena jakási jednoduchá skoková regulace. V principu lze užít i více tlumivek pro zvýšení rozsahu regulace viz. obrázek 8-6.



Obrázek 8-6: Schéma uspořádání při regulaci dvěma tlumivkami[4].

8.2.2.2 Regulace pomocí elektronických předřadníků

Při tomto typu regulace se využívá předřadníků elektronických. Ty však nejsou určeny pro externí (centrální) regulaci, ale regulace bývá přímo součástí předřadníku. Elektronické předřadníky mají větší užitnou hodnotu, především umožněním dalších funkcí, jako například monitoring světelného místa. Výhodou jsou malé rozměry a s tím i spojená nízká hmotnost. Díky tomu se také v současné době uplatňují hodně u kompaktních zářivek. Na druhou stranu jsou však konstrukčně složitější, což se odrazí v jejich nižší spolehlivosti oproti klasickým předřadníkům. Z jejich složitější konstrukce plynou také vyšší pořizovací náklady, pro které zatím nejsou až tak rozšířeny v soustavách VO jako předřadníky klasické. Pro příklad zde budou uvedeny tři typy elektronických předřadníků, používaných v dnešní době.

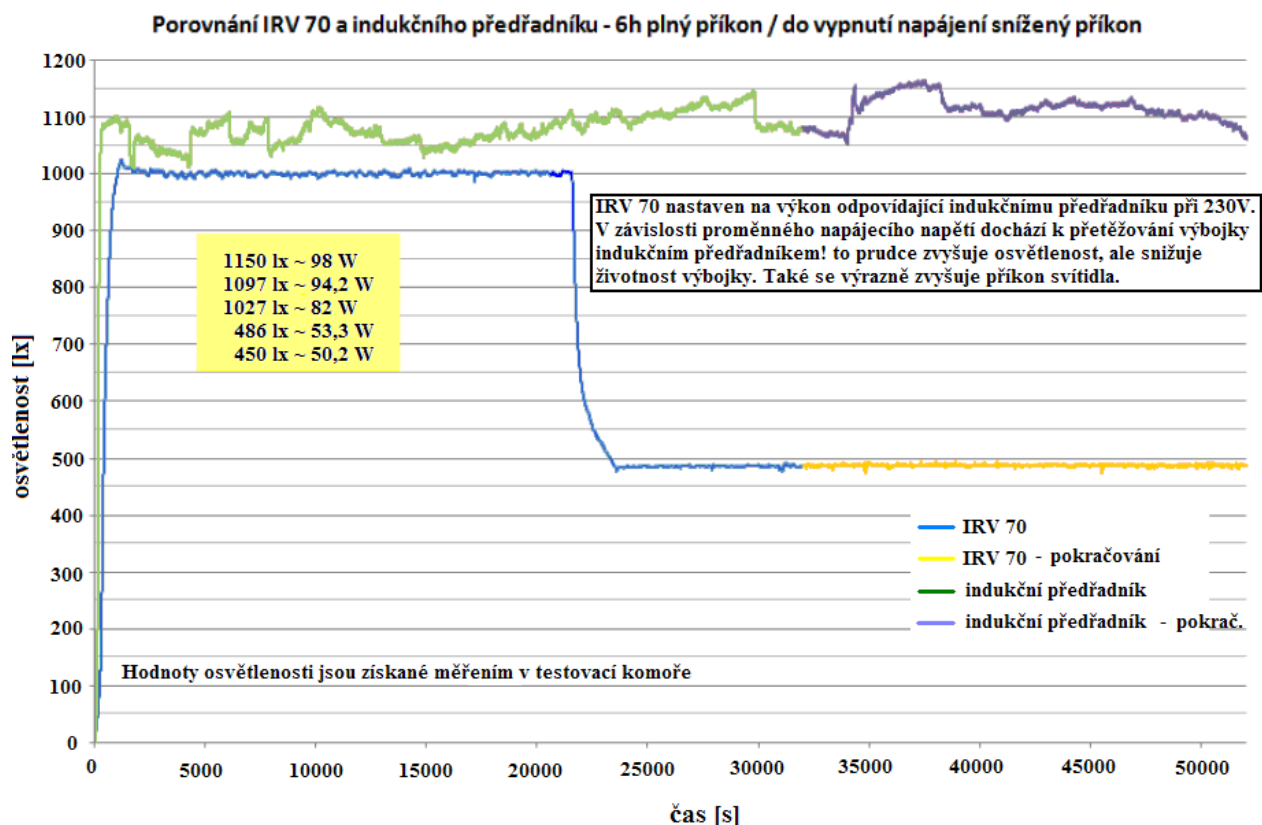
Elektronický stmívatelný předřadník pro vysokotlaké sodíkové výbojky IRV 70 / IRV 50

Jako první příklad je uveden řízený elektronický stmívatelný předřadník pro vysokotlaké sodíkové výbojky IRV 70 / IRV 50 od firmy CODES CZ [12]. Tento předřadník nahrazuje ve svítidle standardní tlumivku, vysokonapěťový zapalovač a kompenzační kondenzátor. Je určen pro svítidla, která využívají vysokotlaké sodíkové výbojky, jako je veřejné osvětlení, osvětlení výrobních hal apod. Nasazení přináší nové možnosti: zvýšení měrného výkonu svítidla, snížení ztrátového výkonu (úspora elektrické energie 25 až 35 %) a v neposlední řadě zvýšení komfortu užívání.

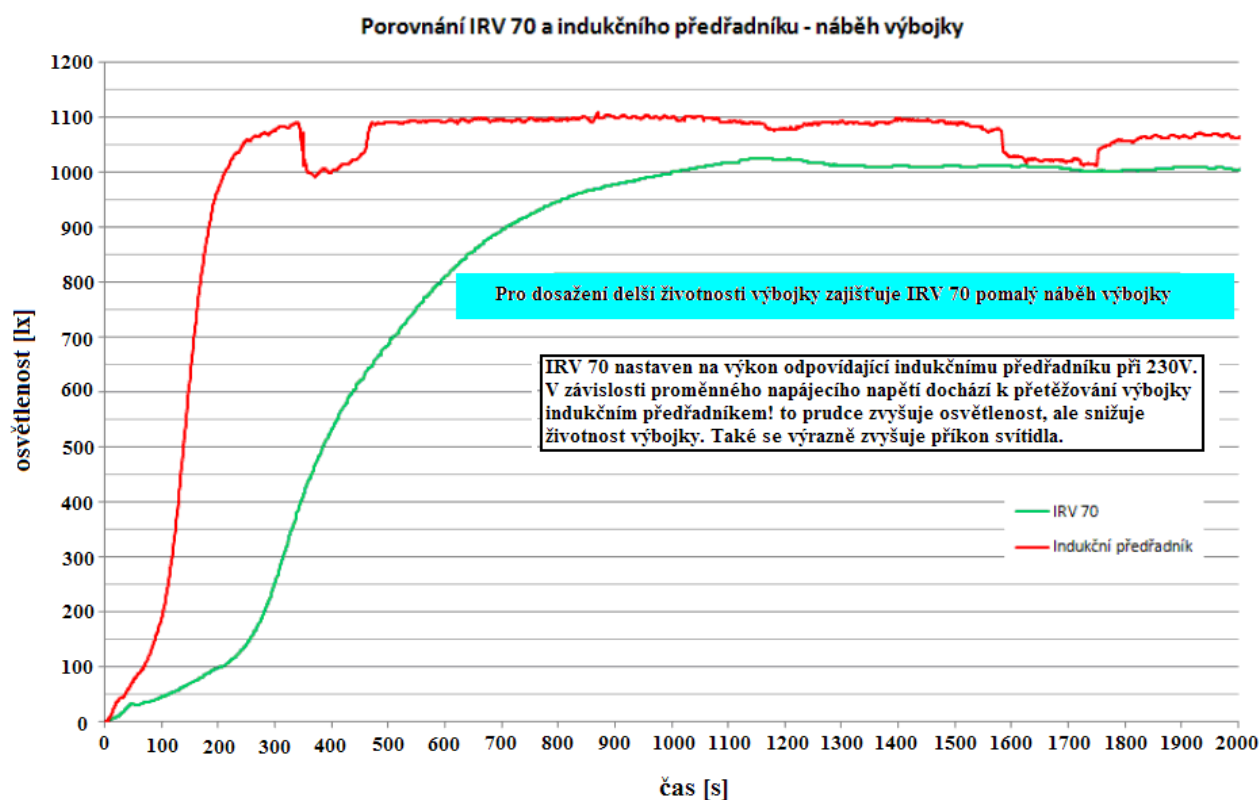
Výkon výbojky je stabilizován v celém napěťovém rozsahu, a tím se výrazně zvyšuje její životnost. Elektronický předřadník umožňuje regulaci odběru elektrické energie (dle pevných časových programů nebo dle tzv. samoučícího režimu). Dále zaručuje stejnou intenzitu osvětlení jako konvenční předřadník s možností volby mezi intenzitou a příkonem [12].

Tabulka 8-1: Technická data pro IRV 70 / IRV 50 [12].

jmenovité napětí	230V
rozsah napájecího napětí	180 - 255V
kmitočet	47 - 63Hz
jmenovitý proud při 230V	345mA / 240mA
jmenovitý příkon	79W ¹ / 55W ¹
účinník	> 0,97
rozsah provozních teplot t_a	-20 °C až +50 °C
maximální povrchová teplota t_c	70 °C
krytí	vestavené provedení bez krytu
příkon výbojky	70W / 50W
zapalovací napětí	2,4kV
hmotnost	0,3kg



Obrázek 8-7: Porovnání indukčního předřadníku a IRV 70 - stabilita napětí [12].



Obrázek 8-8: Porovnání indukčního předřadníku a IRV 70 - náběh výbojky [12].

EHID MidNight

Jako další příklad je uveden elektronický předřadník EHID pro výbojky se softwarem MidNight od firmy Artechnic Schröder [20]. Princip jeho funkce je založen na stmívání v předem určeném časovém intervalu následujícím po jeho sepnutí. Provoz a úrovně stmívání jsou modifikovatelné a určované sekvencí zapnutí a vypnutí předřadníku. Předřadník nevyužívá ke své práci hodiny. Časový interval je měřen od okamžiku jeho aktivace – sepnutí a dále jsou použity údaje zaznamenané během předcházejících dnů provozu.



Obrázek 8-9: Elektronický předřadník EHID se softwarem MidNight [20].

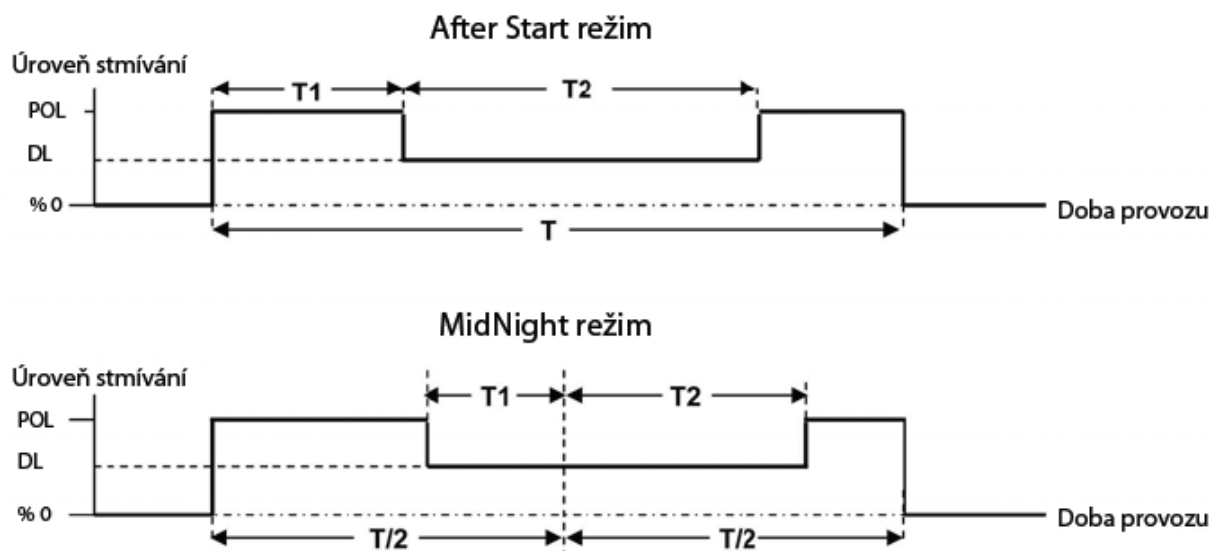
Předřadník může být provozován ve dvou režimech: stmívání následující po určitém časovém zpoždění po sepnutí nebo stmívání v určitém časovém intervalu vztaženém k půlnoci. Každý z uvedených režimů má dva časové intervaly (T_1 , T_2) a dvě úrovně stmívání (%) označené DimLevel, PowerOnLevel.

1) After Start režim

Předřadník pracuje na úrovni PowerOnLevel (POL) po dobu T_1 hodin. Pak se přepne do stavu stmívání DimLevel (DL) na požadované úrovni po dobu T_2 hodin. Následně se předřadník vrátí do stavu POL a zůstává na této úrovni až do vypnutí.

2) Midnight režim

Předřadník pracuje na požadované úrovni stmívání po dobu T_1 hodin před půlnocí až do doby T_2 hodin po půlnoci (půlnoc = střed celkové doby provozu). Ve zbývajícím čase pracuje předřadník na úrovni PowerOnLevel (POL).



Obrázek 8-10: Ukázka provozních režimů stmívacího systému EHID [20].

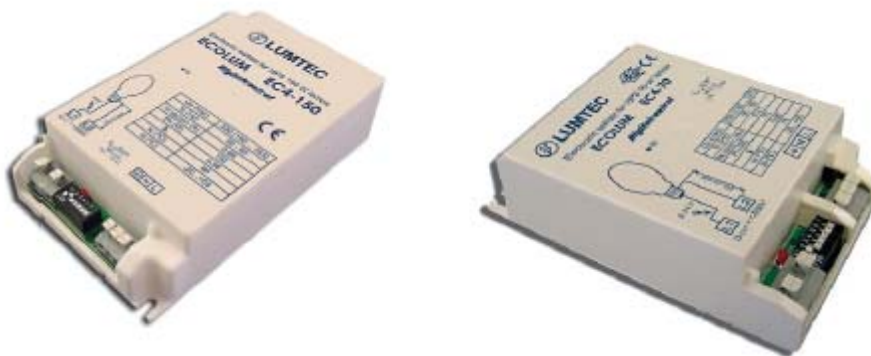
Úspora elektrické energie je dána menšími ztrátami na elektronickém předřadníku oproti klasickým elektromagnetickým předřadníkům a dále pak snížením příkonu výbojky v pozdních nočních hodinách. Elektronický předřadník zajišťuje výbojce optimální provoz, tím je dosaženo prodloužení doby života světelného zdroje až o 30% a snížení nákladů na jejich výměnu [20].

Příkon výbojky	Příkon svítidla s KP s EP	Úspora elektrické energie užitím elektronického předřadníku	Úspora el. energie užitím elektronického stmívatelného předřadníku s MidNight
70 W	83 W		
	76 W	8 %	35 - 40 %
100 W	115 W		
	108 W	6 %	35 - 40 %
150 W	170 W		
	162 W	5 %	35 - 40 %

Obrázek 8-11: Úspora elektrické energie s využitím stmívacího systému EHID [20].

Ecolum EC4 LUMTEC

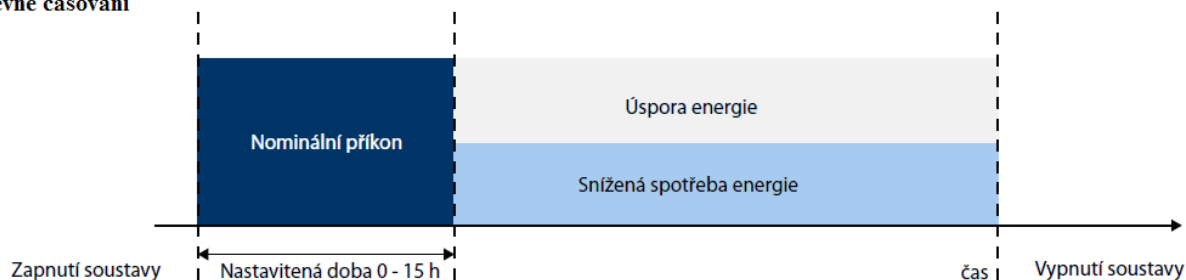
Posledním uvedeným zástupcem je Ecolum EC4 LUMTEC pro sodíkové výbojky 70 W, 100 W, 150 W nabízený firmou elektromont s.r.o. Revoluční systém pro úsporu a regulaci na každé lampě bez centrálního řízení – umístěný v každém svítidle.



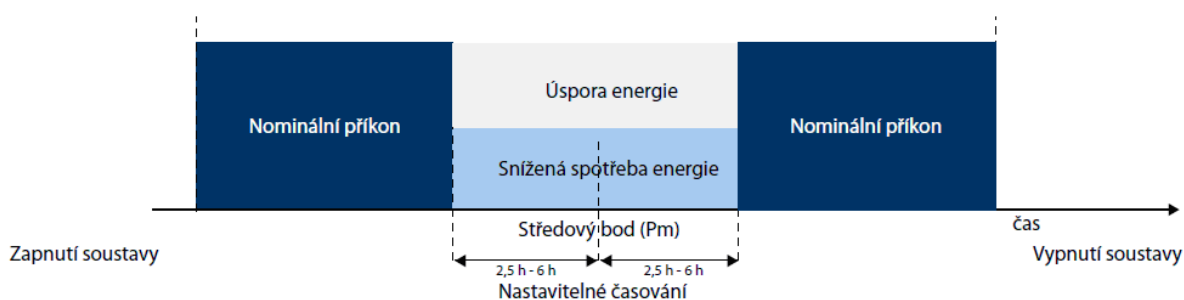
Obrázek 8-12: Předřadníky Ecolum EC4-150 a EC4-70 [21].

Jedná se o kompaktní elektronickou napájecí jednotku, která nahrazuje standardní výbavu ve svítidle tzn. elektromagnetický předřadník, kompenzační kondenzátor a zapalovač. Umožňuje např. řízení proudu při startu výbojky, což znamená použití nižší výkonové řady jističů. Kromě toho stabilizace příkonu je v rozsahu 180–253 V a start výbojky je zaručen při teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$, čímž se dosahuje snížení počtu kusových výpadků výbojek, a tím se minimalizují náklady na údržbu soustavy veřejného osvětlení a prodloužení životnosti výbojek až o 50 %. Pomocí spínačů umístěných na předřadníku se nastavuje automatické snížení příkonu o 40 % v průběhu provozu veřejného osvětlení a jeho opětovné navrácení na plný příkon v ranních hodinách. Bezpečnost silničního provozu je tak plně zajištěna i v zimním období. Životnost předřadníku je stanovena na hodnotu 90.000 h při teplotě 70°C na T_c bodě předřadníku, což při celkovém ročním provozu cca 4000 h je přibližně 20 let.. Systém lze realizovat jak do nových svítidel, tak do některých typů stávajících svítidel, pokud není poškozen skelet svítidla [21].

A) Pevné časování

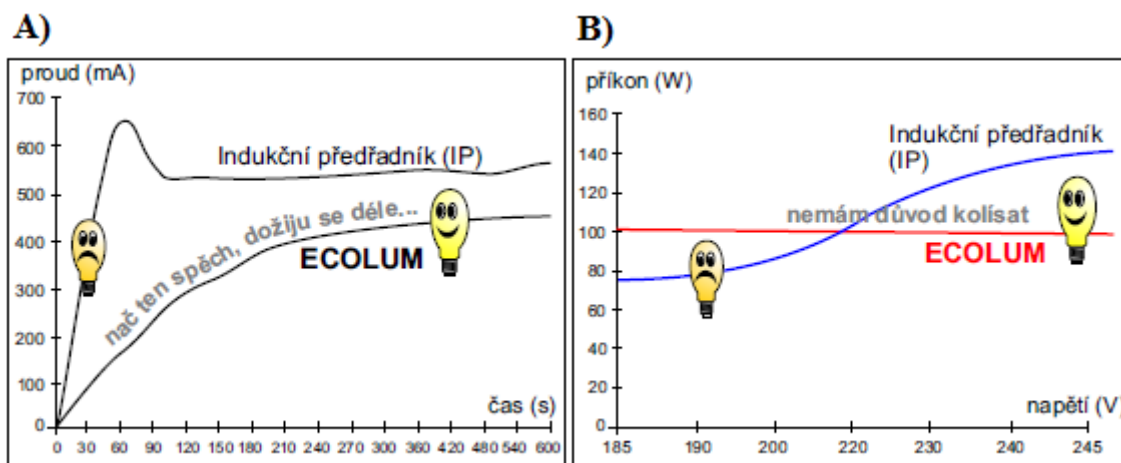


B) Programovatelné časování



Obrázek 8-13: Možnosti redukce výkonu pomocí elektronického předřadníku ECOLUM [17].

Další výhodou tohoto systému je kontrolovaný rozběhový proud, kdy Ecolum využívá tzv. měkkého startu bez proudových nárazů oproti standardním předřadníkům, které mají proudový náraz a při startu přetěžují jističe viz. obrázek 8-14 A. Dále také stabilizuje výkon vůči kolísání napětí v síti, kdy při změnách napětí v síti stále drží svůj výkon, jak ukazuje obrázek 8-14 B.



Obrázek 8-14: Ukázka rozběhového proudu a stabilizace výkonu na předřadníku Ecolum [21].

Tabulka 8-2: Technická data předřadníku Ecolum EC-4 [21].

typ výrobku		EC4-70	EC4-100	EC4-150
typ výbojky		vysokotlaká sodíková		
	W	70	100	150
jmenovité napětí	V	230		
rozsah napájecího napětí	V	190-253 VAC 50/60 Hz		
jmenovitý proud	A	0,31	0,44	0,66
celkový příkon: 1. úroveň	W	70 ± 2	100 ± 2	150 ± 2
2. úroveň	W	52 ± 2	60 ± 3	90 ± 3

9 INTENZIFIKACE SOUSTAVY VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

Snižování nákladů na provoz soustav veřejného osvětlení je prvořadým zájmem všech jejich provozovatelů. Svítidla, která mají vyšší účinnost a nižší spotřebu elektrické energie, nejenom šetří peníze provozovateli soustavy přímými úsporami spotřebované energie, ale i nižšími platbami za instalovaný příkon, nižšími náklady na rozvodné sítě a údržbu. Pro možnost vyčíslení možných úspor provozních nákladů a provedení intenzifikace soustavy veřejného osvětlení je třeba provést několik kroků [17].

a) Zmapování současného stavu veřejného osvětlení

Posouzení stavu, účinnosti a energetické náročnosti jednotlivých okruhů veřejného osvětlení společně s vyčíslením nákladů na jejich provoz, je základním předpokladem pro možnost přesné kvantifikace možných úspor provozních nákladů [17].

b) Pasportizace městských komunikací a ulic a jejich zatřídění dle CEN 13201-1, zpracování modelových světelně-technických výpočtů pro jednotlivé třídy komunikací

Zmapování a přesné zatřídění komunikací, ulic a prostranství, která jsou osvětlována soustavou VO, jsou předpokladem k tomu, aby mohly být provedeny výpočty osvětlenosti. Světelně technický výpočet je vždy podkladem pro rekonstrukci nebo výstavbu nové osvětlovací soustavy a garantuje osvětlenost komunikace v souladu s normou [17].

c) Rozsah rekonstrukce a možnosti regulace

Dalším předpokladem je rozdělení komunikací do skupin dle charakteru rekonstrukce. Jiné možnosti úspor je možné garantovat v ulici, kde je budována nová osvětlovací soustava a el. rozvody, výška stožárů, jejich rozteč apod. umožní instalovat optimální svítidla s možností ovládání a jiné možnosti úspor jsou v ulicích, kde je nutno při rekonstrukci respektovat stávající rozvody energie a využívat staré stožáry [17].

Tato kapitola se bude zabývat možnostmi intenzifikace soustavy veřejného osvětlení. Pro intenzifikaci bude zvolena soustava, využívající staré nevyhovující typy svítidel s rtuťovými výbojkami. Tyto typy svítidel budou postupně nahrazeny novými svítidly vyzbrojené konvenčním předřadníkem (dále jen KP) a poté elektronickým stmívatelným předřadníkem (dále jen ESP). Jako světelné zdroje budou použity vysokotlaké sodíkové výbojky. Bude uvažováno, že náhradu lze provést „kus za kus“ při použití stávajících stožárů a rozvodů elektrické energie díky vyšší účinnosti těchto nových světelných zdrojů. Soustavy budou spínány pomocí astronomických hodin. U těchto demonstračních soustav bude proveden výpočet energetické náročnosti a roční spotřeby veřejného osvětlení.

Pro tento výpočet byla vytvořena pomocná aplikace v programu MS Excel, na které budou jednotlivé výpočty prováděny. Tato aplikace bude podrobněji popsána v kapitole 9.1. Při výpočtech budou použity katalogové hodnoty udávané výrobcem.

Tabulka 9-1: Porovnání neefektivních rtuťových výbojek se sodíkovými [17].

svítidlo se rtuťovou výbojkou			svítidlo s vysokotlakou sodíkovou výbojkou		
příkon (W)		svět. tok (lm)	příkon (W)		svět. tok (lm)
výbojka	systém		výbojka	systém	
80	89	3800	50	66	4400
125	137	6300	70	83	6600
250	266	13000	100	115	10700
			150	176	17500

Tabulka 9-2: Hodnoty příkonů svítidel s KP a EP [17].

vysokotlaká sodíková výbojka	příkon svítidla s KP	příkon svítidla s EP
70 W	83 W	75 W
100 W	115 W	105 W
150 W	176 W	155 W

* EP – elektronický předřadník

9.1 Popis programu „Výpočet roční spotřeby soustav VO“

Program „Výpočet roční spotřeby soustav VO“ byl vytvořen v MS Excel jako pomocná aplikace k výpočtům energetické náročnosti a roční spotřeby u demonstrativních osvětlovacích soustav.

Program obsahuje čtyři listy:

- list „Zadání vstupních časů + pomocné výpočty“
- list „Hlavní program“
- list „Astronomický kalendář“
- list „Pomocné tabulky“

Obsah a práce v těchto jednotlivých listech bude podrobněji popsány v následujících podkapitolách.

9.1.1 List „Zadání vstupních časů + pomocné výpočty“

V tomto listě se zadávají hodnoty časů západu a východu slunce pro jednotlivé dny v roce. Buňky pro zadání vstupních hodnot mají žlutou barvu viz. obrázek 9-1. Jako příklad pro další výpočty sem byly zadány časy z astronomického kalendáře, získané programem OBELISK TOP2, který byl stažen z německých internetových stránek firmy THEBEN [22]. Astronomický kalendář byl vygenerován pro Českou republiku – lokalita Brno viz. příloha A.

Tímto práce v tomto listě končí. Program z těchto časů západů a východů slunce vypočítá celkovou roční sumu svícení a převede tuto hodnotu do listu „Hlavní program“ k dalším výpočtům.

měsíce	dny	východ slunce	západ slunce
leden	1	7:46	16:05
	2	7:45	16:06
	3	7:45	16:07
	4	7:44	16:08
	5	7:44	16:10
	6	7:44	16:11
	7	7:43	16:12
	8	7:43	16:13
	9	7:43	16:15

Obrázek 9-1: Ukázka zadání časů pro východ a západ slunce.

9.1.2 List „Hlavní program“

Tento list je stěžejní částí programu „Výpočet roční spotřeby soustav VO“. Zde se na základě vstupních hodnot viz. kapitola 9.1.1 vypočítává roční spotřeba veřejného osvětlení, značena jako S_R .

List se skládá ze čtyř částí:

- 1) Zadání vstupních hodnot
- 2) Zapínání a vypínání VO podle astronomických hodin
- 3) Zapínání a vypínání VO v průběhu noci
- 4) Regulace v průběhu noci

V částech 2), 3) a 4) je prováděn výpočet roční spotřeby VO, kdy se uvažuje, že veřejné osvětlení je zapínáno a vypínáno pomocí astronomických hodin, pracujících na základě časů astronomického kalendáře uvedeného v listu „Astronomický kalendář“ viz. kapitola 9.1.3.

Každá část ještě obsahuje pro porovnání dvě situace výpočtu roční spotřeby VO:

a) Podle AH

Zde se pro výpočet uvažuje roční suma svícení t_{C1} , vypočítaná z časů západu a východu slunce astronomického kalendáře v listu „Zadání vstupních časů + pomocné výpočty“.

b) Podle AH + NORMA

Zde se pro výpočet uvažuje roční suma svícení t_{C2} , která vychází z roční sumy svícení t_{C1} , ale jsou od ní odečteny časové intervaly, které norma povoluje v tabulce 6-1 viz. kapitola 6.6.1.

Pro další popis listu „Hlavní program“ a ukázky výpočtů S_R v této práci bude uvažována situace b) *Podle AH + NORMA*, kdy bude počítáno s roční sumou svícení t_{C2} .

9.1.2.1 Zadání vstupních hodnot

V této části uživatel zadává vstupní údaje pro další výpočet viz. obrázek 9-2, jedná se o:

1. Typ svítidla:

Výběr svítidla se provádí ze tří druhů svítidel ATOS od firmy *Artechnic – Schröder a.s.* [20] vyzbrojených vysokotlakými sodíkovými výbojkami 70W, 100W a 150W. Po vybrání určitého svítidla program automaticky doplní hodnoty příkonu výbojky P_v a příkonu systému svítidla P_{sv} . Tyto hodnoty příkonů jsou doplňovány na základě tabulky 9-3.

2. Výzbroj svítidla:

Uživatel má možnost výběru mezi konvenčním nebo elektronickým předřadníkem. Hodnotu příkonu systému svítidla program doplní podle tabulky 9-4.

3. Počet svítidel:

Uživatel ručně zadá do žlutě vyznačené buňky počet svítidel n soustavy VO.

4. Cena elektrické energie:

Uživatel ručně zadá do žlutě vyznačené buňky cenu elektrické energie c_E .

1) Zadání vstupních hodnot:	
1. Typ svítidla	ATOS 100W
příkon výbojky	100 W
příkon systému svítidla	115 W
2. Výzbroj svítidla	<div> <div>EP-Elektronický předřadník</div> <div>KP-Konvenční předřadník</div> <div>EP-Elektronický předřadník</div> </div>
příkon systému svítidla	105 W
3. Počet svítidel:	100 Ks
4. Cena el. energie:	4 Kč/KWh

Obrázek 9-2: Ukázka zadání vstupních hodnot v programu.

9.1.2.2 Zapínání a vypínání VO podle astronomických hodin

V této části se uvažuje, že VO svítí po celou noc nepřetržitě a je zapínáno a vypínáno na základě časů uvedených astronomickým kalendářem. Pomocí těchto časů program spočítá a

doplní roční sumu svícení t_{C2} . Na základě této hodnoty a zadaných vstupních údajů dochází k výpočtu roční spotřeby VO.

Pro výpočet roční spotřeby VO tedy bude platit vztah:

$$S_R = n \cdot P_{SV} \cdot t_{C2} \cdot c_E \quad (9.1)$$

kde S_R je roční spotřeba VO

n je počet svítidel soustavy VO

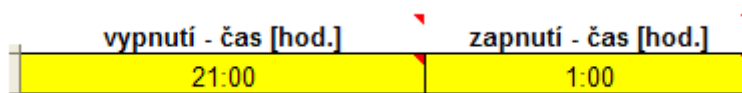
P_{SV} je příkon jednoho svítidla

t_{C2} je roční suma svícení

c_E je cena elektrické energie

9.1.2.3 Zapínání a vypínání VO v průběhu noci

Jako ukázka snížení nákladů při provozu veřejného osvětlení slouží část „Zapínání a vypínání VO v průběhu noci”. Takovýto způsob norma sice nedoporučuje, ale je často používán, například v menších vesnicích. Soustava je opět spínána astronomickými hodinami, ale uživatel má možnost ještě zadat čas vypnutí a zapnutí VO v průběhu noci viz. obrázek 9-3.



Obrázek 9-3: Ukázka zadání časů pro zapnutí a vypnutí VO v průběhu noci.

Na základě těchto údajů program spočítá roční sumu svícení t_{C2} a následně i roční spotřebu VO. Vzorec pro výpočet S_R roční spotřeby VO bude stejný jako ve vztahu 9.1 v kapitole 9.1.2.2.

9.1.2.4 Regulace VO v průběhu noci

Tato část nabízí ukázkou snižování provozních nákladů soustav VO pomocí regulace osvětlení v průběhu noci. Uživatel si zvolí typ regulace a zadá čas, od kdy do kdy, bude regulace v průběhu noci probíhat viz. obrázek 9-4.

Obrázek 9-4: Ukázka zadání vstupních hodnot při regulaci VO.

Program podle zvoleného typu svítidla a zvoleného typu regulace automaticky doplní příkon celého svítidla při regulaci P_{SVR} podle tabulky 9-5. a na základě zadaných časů regulace vypočítá celkovou roční sumu regulace t_{CR} .

Roční spotřeba S_{RR} VO při regulaci bude dána jako:

$$S_{RR} = [n \cdot P_{SV} \cdot (t_{C2} - t_{CR}) \cdot c_E] + (n \cdot P_{SVR} \cdot t_{CR} \cdot c_E) \quad (9.2)$$

kde P_{SVR} je příkon jednoho svítidla při regulaci

S_{RR} je roční spotřeba VO při regulaci

t_{CR} je roční suma regulace

9.1.3 List „Astronomický kalendář“

Tento list slouží pouze jako informativní. Astronomický kalendář, který je zde obsažený, sem byl exportován z programu OBELISK TOP2 [22] pro další práci s časovými údaji. Tabulka těchto časů východu a západu slunce bude uvedena v příloze této diplomové práce.

9.1.4 List „Pomocné tabulky“

Z tabulek obsažených v tomto listě program vybírá různé údaje na základě zadaných vstupních hodnot viz. kapitola 9.1.2.1. a aplikuje je do výpočtů prováděných v listu „Hlavní program“.

Tabulka 9-3: Hodnoty příkonů svítidel ATOS [20].

Svítidlo	vysokotlak. sod. výbojka	systém svítidla
	příkon [W]	příkon [W]
ATOS 70W	70	83
ATOS 100W	100	115
ATOS 150W	150	176

Tabulka 9-4: Hodnoty příkonů pro svítidla s KP a EP [17].

vysokotlak. sod. výbojka	Konvenční předřadník	Elektronický předřadník
příkon [W]	příkon [W]	příkon [W]
70	83	75
100	115	105
150	176	155

Tabulka 9-5: Hodnoty příkonů svítidel při různých typech regulace.

Typ regulace	Druh vysokotlak. sodíkové výbojky		
	70W	100W	150W
	příkon svítidla [W]	příkon [W]	příkon [W]
Interní s EP 50 % sv. toku	47	65	95
Externí s KP 80 % sv. toku	69	95	146
Externí s KP 60 % sv. toku	55	75	116
Externí s KP 50 % sv. toku	48	65	101

9.2 Intenzifikace 1

Pro intenzifikaci 1 byla vymyšlena *soustava A* veřejného osvětlení s 500 osvětlovacími body, osazenými starými nevyhovujícími svítidly s rtuťovými výbojkami 250W. Účinnost svítidel je díky stáří a znečištění značně snižena. Při rekonstrukci budou na základě světelně-technického výpočtu nahrazena novými svítidly ATOS/150W/SON-T/KP/ v horizontálním provedení, osazené vysokotlakými sodíkovými výbojkami 150W s konvenčním předřadníkem (viz. tabulka 9-6). Tato nová soustava bude značena jako *soustava B*. Při výpočtech bude uvažováno, že výměna jednoho kusu svítidla bude stát 400 Kč [17]. Roční doba svícení soustav bude 3829 hodin (viz. program „Výpočet roční spotřeby soustav VO“) při ceně elektrické energie 1,80 Kč za 1 kWh – sazba C62d [23].

Tabulka 9-6: Ceník svítidel Schröder pro VO [20].

ATOS/50W/SON-T/KP/horizontální	2 718 Kč
ATOS/50W/SON-T/KP/vertikální	2 718 Kč
ATOS/70W/SON-T/KP/horizontální	2 736 Kč
ATOS/70W/SON-T/EP/horizontální	4 272 Kč
ATOS/70W/SON-T/ESP/horizontální	5 379 Kč
ATOS/70W/SON-T/KP/vertikální	2 736 Kč
ATOS/70W/SON-T/EP/vertikální	4 272 Kč
ATOS/70W/SON-T/ESP/vertikální	5 379 Kč
ATOS/100W/SON-T/KP/horizontální	2 774 Kč
ATOS/100W/SON-T/EP/horizontální	4 427 Kč
ATOS/100W/SON-T/ESP/horizontální	5 653 Kč
ATOS/100W/SON-T/KP/vertikální	2 774 Kč
ATOS/100W/SON-T/EP/vertikální	4 427 Kč
ATOS/100W/SON-T/ESP/vertikální	5 653 Kč
ATOS/150W/SON-T/KP/horizontální	2 869 Kč
ATOS/150W/SON-T/EP/horizontální	4 577 Kč
ATOS/150W/SON-T/ESP/horizontální	5 819 Kč
ATOS/150W/SON-T/KP/vertikální	2 869 Kč
ATOS/150W/SON-T/EP/vertikální	4 577 Kč
ATOS/150W/SON-T/ESP/vertikální	5 819 Kč

9.2.1 Soustava A

V kapitole bude proveden výpočet energetické náročnosti a roční spotřeby demonstrativní osvětlovací soustavy, využívající stará svítidla s rtuťovými výbojkami 250W.

1) Výpočet roční spotřeby S_R soustavy VO

Vstupní informace: $n = 500ks$

$$P_V = 250W$$

$$P_{SV} = 280W \text{ dle literatury [17]}$$

$$t_{C2} = 3829hod$$

$$c_E = 1,80Kč$$

Výpočet celkového příkonu soustavy P_C :

$$P_C = P_{SV} \cdot n \quad (9.3)$$

kde P_C je celkový příkon soustavy

Po dosazení do vztahu 9.3:

$$P_C = 280 \cdot 500$$

$$P_C = \underline{140kW}$$

Výpočet roční spotřeby elektrické energie E :

$$E = P_C \cdot t_{C2} \quad (9.4)$$

kde E je roční spotřeba elektrické energie

Po dosazení do vztahu 9.4:

$$E = 140 \cdot 3829$$

$$E = \underline{536060kWh}$$

Výpočet roční spotřeby veřejného osvětlení S_{RA} soustavy A:

$$S_{RA} = E \cdot c_E \quad (9.5)$$

kde S_{RA} je roční spotřeba VO soustavy A

Po dosazení do vztahu 9.5:

$$S_{RA} = 536060 \cdot 1,8$$

$$S_{RA} = \underline{964908Kč}$$

9.2.2 Soustava B

Zde bude proveden výpočet energetické náročnosti a roční spotřeby soustavy VO s novými svítidly ATOS/150W/SON-T/KP/horizontální.

1) Výpočet celkových investičních nákladů N_C soustavy

Vstupní informace: $n = 500ks$

$c_S = 2869Kč$ (cena svítidla viz. tabulka 9-6)

$c_{MS} = 400Kč$ (cena montáže svítidla)

Výpočet celkových investičních nákladů N_C :

$$N_C = (c_S \cdot n) + (c_{MS} \cdot n) \quad (9.6)$$

kde N_C jsou celkové investiční náklady soustavy

c_S je cena svítidla

c_{MS} je cena montáže svítidla

Po dosazení do vztahu 9.6:

$$N_C = (2869 \cdot 500) + (400 \cdot 500)$$

$$N_C = \underline{1634500Kč}$$

2) Výpočet roční spotřeby S_R soustavy VO

Vstupní informace: $n = 500ks$

$$P_V = 150W$$

$$P_{SV} = 176W$$

$$t_{C2} = 3829hod$$

$$c_E = 1,80Kč$$

Výpočet celkového příkonu soustavy P_C :

$$P_C = P_{SV} \cdot n$$

$$P_C = 176 \cdot 500$$

$$P_C = \underline{88kW}$$

Výpočet roční spotřeby elektrické energie E :

$$E = P_C \cdot t_{C2}$$

$$E = 88 \cdot 3829$$

$$E = \underline{336952kWh}$$

Výpočet roční spotřeby veřejného osvětlení S_{RB} soustavy B:

$$S_{RB} = E \cdot c_E \quad (9.7)$$

kde S_{RB} je roční spotřeba VO soustavy B

Po dosazení do vztahu 9.7:

$$S_{RB} = 336952 \cdot 1,8$$

$$S_{RB} = \underline{606513,60Kč}$$

9.2.3 Porovnání soustav A a B

Kapitola bude obsahovat porovnání vypočítaných hodnot pro obě soustavy viz. tabulka 9-7. Spolu s tímto porovnáním, zde bude ještě proveden výpočet roční úspory provozních nákladů u nové soustavy (soustava B) spolu s dobou návratnosti této nové investice.

Tabulka 9-7: Porovnání vypočítaných hodnot soustav A a B při intenzifikaci 1.

typ svítidla		staré svítidlo 250W	ATOS/150W/SON-T
elektrická výzbroj svítidla		výbojka rtuť 250W, KP	výbojka sodík 150W, KP
investiční náklady	počet svítidel v soustavě	ks	500
	cena svítidla	Kč	2 896
	cena montáže svítidla	Kč	400
	celkové investiční náklady	Kč	1 634 500
provozní náklady	příkon svítidla	W	280
	celkový příkon soustavy	kW	140
	roční spotřeba el. energie	kWh	536 060
	celková roční spotřeba soustavy VO	Kč	606 513,60

Výpočet roční úspory provozních nákladů U_{RB} soustavy B:

$$U_{RB} = S_{RA} - S_{RB} \quad (9.8)$$

kde U_{RB} je roční úspora provozních nákladů soustavy B

Po dosazení do vztahu 9.8:

$$U_{RB} = 964908 - 606513,60$$

$$U_{RB} = \underline{358394,40 \text{ Kč}}$$

Výpočet doby návratnosti investice PB soustavy B:

$$PB = \frac{N_C}{U_{RB}} \cdot 12 \quad (9.9)$$

kde PB je doba návratnosti soustavy B

Po dosazení do vztahu 9.9:

$$PB = \frac{1634500}{358394,40} \cdot 12$$

$$PB = \underline{55 \text{ měsíců}}$$

9.3 Intenzifikace 2

Při intenzifikaci 2 bude opět uvažována *soustava A* veřejného osvětlení s 500 osvětlovacími body, osazenými starými nevyhovujícími svítidly s rtuťovými výbojkami 250W. Účinnost svítidel je díky stáří a znečištění značně snižena. Při rekonstrukci budou na základě světelně-technického výpočtu nahrazena novými svítidly ATOS/150W/SON-T/ESP/ v horizontálním provedení, osazené vysokotlakými sodíkovými výbojkami 150W s elektronickým stmívatelným předřadníkem viz. tabulka 9-6. Tato nová soustava bude značena jako *soustava B*. Při výpočtech bude uvažováno, že výměna jednoho kusu svítidla bude stát 400 Kč [17]. Roční doba svícení soustav bude 3829 hodin (viz. program „Výpočet roční spotřeby soustav VO“) při ceně elektrické energie 1,80 Kč za 1 kWh – sazba C62d [23].

9.3.1 Soustava A

Výpočet energetické náročnosti a roční spotřeby demonstrační osvětlovací soustavy, využívající stará svítidla s rtuťovými výbojkami 250W, byl již proveden v kapitole 9.2.1. Je tedy zbytečné zde tyto výpočty znovu provádět.

9.3.2 Soustava B

Zde bude proveden výpočet energetické náročnosti a roční spotřeby VO s novými svítidly ATOS/150W/SON-T/ESP/horizontální.

1) Výpočet celkových investičních nákladů N_C soustavy

Vstupní informace: $n = 500ks$

$c_s = 5819Kč$ (cena svítidla viz. tabulka 9-6)

$c_{MS} = 400Kč$ (cena montáže svítidla)

Výpočet celkových investičních nákladů N_C :

$$\begin{aligned} N_C &= (c_s \cdot n) + (c_{MS} \cdot n) \\ N_C &= (5819 \cdot 500) + (400 \cdot 500) \\ N_C &= \underline{3109500Kč} \end{aligned}$$

2) Výpočet roční spotřeby S_R soustavy VO

Vstupní informace: $n = 500ks$

$$P_V = 150W$$

$$P_{SV} = 155W$$

$$t_{C2} = 3829hod$$

$$c_E = 1,80Kč$$

Výpočet celkového příkonu soustavy P_C :

$$P_C = P_{SV} \cdot n$$

$$P_C = 155 \cdot 500$$

$$P_C = \underline{77,5kW}$$

Výpočet roční spotřeby elektrické energie E :

$$E = P_C \cdot t_{C2}$$

$$E = 77,5 \cdot 3829$$

$$E = \underline{296747,5kWh}$$

Výpočet roční spotřeby veřejného osvětlení S_{R2} soustavy B:

$$S_{RB} = E \cdot c_E$$

$$S_{RB} = 296747,5 \cdot 1,8$$

$$S_{RB} = \underline{534145,50Kč}$$

9.3.3 Porovnání soustav A a B

Tato kapitola se bude opět týkat porovnání vypočítaných hodnot pro obě soustavy viz. tabulka 9-8. Dále zde proveden výpočet roční úspory nákladů u nové soustavy (soustava B) spolu s dobou návratnosti této nové investice. V poslední části kapitoly bude ukázána možnost zvýšení úspor pomocí regulace u této nové soustavy.

Tabulka 9-8: Porovnání vypočítaných hodnot soustav A a B při intenzifikaci 2.

typ svítidla		staré svítidlo 250W	ATOS/150W/SON-T
elektrická výzbroj svítidla		výbojka rtuť 250W, KP	výbojka sodík 150W, KP
investiční náklady	počet svítidel v soustavě	ks	500
	cena svítidla	Kč	5 819
	cena montáže svítidla	Kč	400
	celkové investiční náklady	Kč	3 109 500
provozní náklady	příkon svítidla	W	280
	celkový příkon soustavy	kW	140
	roční spotřeba el. energie	kWh	536 060
	celková roční spotřeba soustavy VO	Kč	534 145,50

Výpočet roční úspory provozních nákladů U_{RB} soustavy B:

$$U_{RB} = S_{RA} - S_{RB}$$

$$U_{RB} = 964908 - 534145,50$$

$$U_{RB} = \underline{430762,50 \text{ Kč}}$$

Výpočet doby návratnosti investice PB soustavy B:

$$PB = \frac{N_C}{U_R} \cdot 12$$

$$PB = \frac{3109500}{430762,50} \cdot 12$$

$$PB = \underline{87 \text{ měsíců}}$$

▪ Možnost zvýšení úspory provozních nákladů regulací

Podle národní přílohy ČSN CEN/TR 13201-1 se doporučuje použití vhodných prostředků ke snížení hladiny osvětlení a tím spotřeby energie, dochází-li v průběhu noci k významným změnám intenzity dopravy; připouští se snížení hladiny osvětlení až o 50 % a v případě extrémního snížení intenzity dopravy až o 75% při zachování rovnoměrnosti osvětlení [11].

Bude předpokládáno, že svítidlo ATOS/150W/SON-T/ESP/, vybavené předradníkem Ecolum [21], bude v průběhu svícení 5 hodin regulováno na 50% světelného toku. Zbytek doby svítí na 100%.

Vstupní informace: $n = 500ks$

$$P_V = 150W$$

$$P_{SV} = 155W$$

$$P_{SVR} = 95W$$

$$t_{C2} = 3829hod$$

$$t_{CR} = 1825hod \text{ (program „Výpočet roční spotřeby soustav VO“)}$$

$$c_E = 1,80Kč$$

$$S_{RB} = 534145,5Kč$$

Výpočet roční úspory provozních nákladů U_{RBR} soustavy B při regulaci:

$$U_{RBR} = S_{RB} - S_{RR} \quad (9.10)$$

kde U_{RBR} je roční úspora provozních nákladů soustavy B při regulaci

Pro další pokračování ve výpočtu je potřeba znát roční spotřebu soustavy VO při regulaci S_{RR} , která se vypočítá ze vztahu 9.2 viz. kapitola 9.1.2.4.

$$\begin{aligned} S_{RR} &= [n \cdot P_{SV} \cdot (t_{C2} - t_{CR}) \cdot c_E] + (n \cdot P_{SVR} \cdot t_{CR} \cdot c_E) \\ S_{RR} &= [500 \cdot 0,155(3829 - 1825) \cdot 1,8] + (500 \cdot 0,095 \cdot 1825 \cdot 1,8) \\ S_{RR} &= \underline{435595,50Kč} \end{aligned}$$

Tato získaná hodnota se následně dosadí do vztahu 9.10 a provede se výpočet U_{RBR} :

$$U_{RBR} = 534145,50 - 435595,50$$

$$U_{RBR} = \underline{98550Kč}$$

10 ZÁVĚR

Soustavy veřejného osvětlení v dnešní době spotřebovávají nezanedbatelnou část z celkového vyráběného množství elektrické energie. Současně jsou však tyto soustavy už neodmyslitelnou součástí okolního prostředí člověka. Bývá proto dnes velkou snahou snížit energetickou náročnost těchto osvětlovacích soustav při co možná nejlepším zachování kvalitativních parametrů produkovaného osvětlení. Cílem této práce bylo pojednat o možnostech energetických úspor při optimalizaci provozu veřejného osvětlení. Práce má obsahovat pojednání o obecném konceptu veřejného osvětlení, popsat v praxi používané systémy, které vedou k energetickým úsporám ve veřejném osvětlení a nakonec ukázat výpočty energetické náročnosti a roční spotřeby veřejného osvětlení u demonstrativní osvětlovací soustavy.

Soustava veřejného osvětlení je složitý celek, jehož jednotlivé prvky tvoří samy o sobě poměrně složité systémy. Popisu a uspořádání jednotlivých prvků soustavy veřejného osvětlení je věnována kapitola 6. Další stěžejní částí práce, jak již bylo řečeno, je popis používaných systémů vedoucích v praxi k energetickým úsporám ve veřejném osvětlení. Této problematice je věnována kapitola 8 s názvem Regulace soustav veřejného osvětlení. Práce zde popisuje jednotlivé možnosti regulace spolu se systémy, které se při těchto regulacích v soustavách veřejného osvětlení používají. Jsou zde uvedeny systémy jak pro externí, tak i interní regulaci.

Poslední část mé diplomové práce je věnována ukázkám výpočtu energetické náročnosti a roční spotřeby veřejného osvětlení. Pro tyto ukázky výpočtu a možností při optimalizaci veřejného osvětlení byly vymyšleny tři demonstrativní osvětlovací soustavy s 500 osvětlovacími body. Uvažoval jsem, že první soustava bude osazena starými nevyhovujícími svítidly s rtuťovými výbojkami 250W. Tato soustava byla postupně nahrazena soustavami s novými typy svítidel ATOS, vyzbrojené vysokotlakými sodíkovými výbojkami 150W s konvenčním předřadníkem v prvním případě a elektronickým stmívatelným předřadníkem v případě druhém. Při první intenzifikaci nebo-li náhradě bylo vypočítáno, že nová soustava se svítidly ATOS s vysokotlakými sodíkovými výbojkami 150W uspoří oproti staré soustavě 199108 kWh elektrické energie, což při sazbě 1,80 Kč/kWh činí roční úsporu 358 394 Kč. Doba návratnosti investice nové soustavy při celkových investičních nákladech 1 634 500 Kč byla vypočítána přibližně na 55 měsíců. Při druhé intenzifikaci byla stará svítidla s rtuťovými výbojkami 250W nahrazena svítidly vyzbrojenými vysokotlakými sodíkovými výbojkami 150W s elektronickým stmívatelným předřadníkem. Bylo spočítáno, že tato náhrada ročně uspoří 239312,5 kWh elektrické energie, což při sazbě 1,80 Kč/kWh činí 430 762 Kč. Celkové investiční náklady nové soustavy jsou 3 109 500 Kč a doba návratnosti této investice je přibližně 87 měsíců. Dále jsem u této nové soustavy se svítidly ATOS/150W/SON-T/ESP/horizontální/ provedl ukázkou zvýšení úspor provozních nákladů pomocí regulace. Bylo uvažováno, že svítidla v průběhu svícení byla 5 hodin regulována na 50% světelného toku. Zbytek doby svícení svítidla na 100%. Roční úspora provozních nákladů při této regulaci činila navíc 98 550 Kč. Pro ulehčení práce a kontrolu při těchto výše popisovaných výpočtech jsem vytvořil pomocný program v MS Excel s názvem Výpočet roční spotřeby soustav VO. Program na základě zadaných vstupních informací vypočítá roční spotřebu veřejného osvětlení při různých provozních situacích. Popis programu a práce s ním je podrobně popsána v kapitole 9.1.

Přínos práce vidím v možných ukázkách energetických úspor při optimalizaci provozu veřejného osvětlení a ve vytvoření pomocné aplikace „Výpočet roční spotřeby soustav VO“, sloužící k výpočtům roční spotřeby veřejného osvětlení u demonstrativních osvětlovacích soustav.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČESKÝ ROZHLAS. *Z historie techniky – veřejné osvětlení* [on line]. 2007, poslední změna 11.10. 2007 [cit. 2009-10-13].
http://www.rozhlas.cz/vedaarchiv/technologie/_zprava/388100
- [2] PLCH, J. *Světelná technika v praxi*. Praha: IN – EL, 1999, 210 stran. ISBN 80 – 86230 – 09 – 0.
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ. *Kurz osvětlovací techniky XXVII*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 350 stran, str. 248 – 249. ISBN 978 – 80 – 248 – 2087 – 3.
- [4] VÝLETA, V. *Ekonomická návratnost regulace soustav veřejného osvětlení*. Diplomová práce. Brno: FEKT VUT, 2007, 101 stran, str. 20 – 25, 35 – 39.
- [5] TRÁVNÍČEK, R. *Městské standardy pro veřejné osvětlení. Magistrát města Brna* [on line]. 2002, poslední změna 15.1. 2008 [cit. 2009-10-24].
<http://www.brno.cz/main/dokumenty/standardy/>
- [6] NEPOMUCKÝ, O. *Provoz sítě veřejného osvětlení*. Diplomová práce. Brno: FEKT VUT, 2003, 56 stran, str. 10 – 16.
- [7] MAREK, P. *Veřejné osvětlení, historie, současný stav a vývoj*. Absolventská práce. Kutná Hora: VOŠ a SPŠ, 2001, 78 stran.
- [8] OSSTO - PLUS. *Sortiment stožárů* [on line]. 2007, poslední změna 12.9. 2007 [cit. 2009-11-2]. http://www.osstoplus.cz/st_konicke_popis.asp?ID=1
- [9] VORÁČEK, J. *Problematika ovládání veřejného osvětlení*. Odborný článek. Praha: Zparavodaj SRVO, 2000, 33 stran.
- [10] AKTÉ. *Light of future* [on line]. 2008, poslední změna 7.5. 2008
http://www.akte.cz/realizace_sluzby.htm
- [11] DATMOLUX. *Regulátor napětí* [on line]. 2010, poslední změna 7.1. 2010 [cit. 2009-11-15].
<http://www.datmolux.cz/regulator-napeti>
- [12] CODES CZ. *Řízený elektronický stmívatelný předřadník pro vysokotlaké sodíkové výbojky IRV 70 / IRV 50* [on line]. 2009, poslední změna 6.4. 2009 [cit. 2009-11-25].
http://www.codescz.cz/TS_IRV%2070.pdf
- [13] SOKANSKÝ, K. A KOL. *Metodické pokyny pro obnovu, provoz a údržbu veřejného osvětlení*. Příručka. Ostrava: VŠB TU – FEI, 2008, 31 stran, str. 3 – 28.
- [14] HOFMEISTER. *Astronomické hodiny* [on line]. 2010, poslední změna 7.1. 2010 [cit. 2009-12-15]. <http://www.verejne-osvetleni.cz/astronomicke-hodiny/>
- [15] HASOŇ, Z. *Úspory elektrické energie v systémech venkovního veřejného osvětlení*. Elektroprojekt. Blansko: Česká energetická agentura, 2000, 57 stran.
- [16] MONZER, L. *Osvětlení Prahy*. Praha: FCC PUBLIC, 2003, 224 stran. ISBN 80 – 86534 – 04 – 9.
- [17] MODUS. *Magazín VO* [on line]. 2010, poslední změna 10.5. 2010 [cit. 2010-3-25].
<http://www.modus.cz/cze/ke-stazeni/magaziny-modus>
- [18] HRADIL, J. *Normy ČSN-EN* [on line]. 2010, poslední změna 10.5. 2010 [cit. 2010-3-28].
<http://shop.normy.biz/d.php?k=81700>

-
- [19] MERLONI PROGETTI. *Power controllers and Repote Control Systém for lightning installations*. Katalog produktů. 2010, str. 26 – 93.
- [20] ARTECHNIC-SCHRÉDER. *Stmívací systém EHID midnight* [on line]. 2010, poslední změna 2.2. 2009 [cit. 2010-2-5].
http://www.schreder.com/documents/_Dossier/PDF/Czech/200902021129165/StmivaniSchreder.pdf
- [21] ELEKTROMONT S.R.O. *Ecolum EC4* [on line]. 2010, poslední změna 26.8. 2009 [cit. 2010-4-20].
- [22] THEBEN AG. *Obelisk TOP2* [on line]. 2010, poslední změna 10.5. 2010 [cit. 2010-4-28].
<http://www.theben.de/>
- [23] SKUPINA ČEZ. *Veřejné osvětlení* [on line]. 2010, poslední změna 10.5. 2010 [cit. 2010-5-2]. <http://www.cez.cz/cs/pro-zakazniky/elektrina-a-tarify/firmy-a-podnikatele/elektrina-2009/produktova-rada/verejne-osvetleni.html>

Příloha A Astronomický kalendář

	Leden		Únor		Březen		Duben		Květen		Červen		Červenec		Srpen		Září		Říjen		Listopad		Prosinec	
1	7:46	16:05	7:23	16:48	6:34	17:34	6:30	19:22	5:32	20:07	4:54	20:46	4:52	20:58	5:24	20:31	6:08	19:34	6:50	18:31	6:38	16:32	7:24	15:57
2	7:45	16:06	7:22	16:50	6:32	17:36	6:28	19:23	5:30	20:08	4:53	20:47	4:53	20:57	5:25	20:29	6:09	19:32	6:52	18:29	6:39	16:30	7:25	15:56
3	7:45	16:07	7:20	16:51	6:30	17:38	6:26	19:25	5:29	20:10	4:52	20:48	4:53	20:57	5:27	20:28	6:11	19:30	6:53	18:27	6:41	16:29	7:27	15:56
4	7:44	16:08	7:18	16:53	6:28	17:39	6:24	19:26	5:27	20:11	4:52	20:49	4:54	20:57	5:28	20:26	6:12	19:28	6:55	18:25	6:42	16:27	7:27	15:56
5	7:44	16:10	7:17	16:55	6:26	17:41	6:22	19:28	5:25	20:13	4:51	20:50	4:55	20:56	5:30	20:25	6:14	19:26	6:56	18:23	6:44	16:26	7:28	15:56
6	7:44	16:11	7:15	16:56	6:25	17:43	6:20	19:29	5:24	20:14	4:50	20:51	4:55	20:56	5:31	20:23	6:15	19:24	6:58	18:21	6:46	16:24	7:29	15:56
7	7:43	16:12	7:13	16:58	6:22	17:44	6:18	19:31	5:22	20:16	4:50	20:52	4:56	20:55	5:32	20:21	6:16	19:22	6:59	18:19	6:47	16:23	7:30	15:56
8	7:43	16:13	7:12	17:00	6:20	17:46	6:16	19:32	5:20	20:17	4:49	20:53	4:57	20:55	5:34	20:20	6:18	19:20	7:01	18:17	6:49	16:21	7:31	15:56
9	7:43	16:15	7:10	17:01	6:18	17:47	6:14	19:34	5:19	20:19	4:48	20:54	4:57	20:55	5:35	20:18	6:19	19:18	7:02	18:15	6:51	16:20	7:32	15:56
10	7:42	16:16	7:09	17:03	6:16	17:49	6:12	19:35	5:17	20:20	4:48	20:55	4:58	20:54	5:36	20:16	6:21	19:16	7:04	18:13	6:52	16:19	7:33	15:56
11	7:42	16:17	7:07	17:05	6:14	17:50	6:10	19:37	5:16	20:21	4:48	20:55	4:59	20:54	5:38	20:15	6:22	19:14	7:05	18:11	6:54	16:17	7:34	15:56
12	7:41	16:18	7:05	17:06	6:12	17:52	6:08	19:38	5:15	20:22	4:48	20:55	5:00	20:54	5:39	20:13	6:24	19:12	7:07	18:09	6:55	16:16	7:35	15:56
13	7:41	16:20	7:04	17:08	6:10	17:53	6:06	19:40	5:14	20:24	4:48	20:55	5:01	20:53	5:41	20:12	6:25	19:10	7:08	18:07	6:57	16:14	7:36	15:56
14	7:41	16:21	7:02	17:10	6:08	17:55	6:04	19:41	5:12	20:25	4:48	20:56	5:02	20:52	5:42	20:10	6:27	19:08	7:10	18:05	6:59	16:13	7:37	15:56
15	7:40	16:22	7:00	17:11	6:06	17:56	6:02	19:43	5:11	20:26	4:48	20:56	5:03	20:51	5:43	20:08	6:28	19:05	7:11	18:03	7:00	16:11	7:38	15:56
16	7:40	16:23	6:59	17:13	6:04	17:58	6:00	19:44	5:10	20:28	4:48	20:56	5:04	20:50	5:45	20:06	6:29	19:03	7:13	18:01	7:02	16:10	7:39	15:56
17	7:40	16:25	6:57	17:15	6:02	17:59	5:58	19:46	5:09	20:29	4:48	20:57	5:05	20:49	5:46	20:04	6:31	19:01	7:14	17:59	7:04	16:09	7:40	15:56
18	7:38	16:26	6:56	17:17	6:00	18:01	5:56	19:47	5:07	20:30	4:48	20:57	5:07	20:48	5:48	20:02	6:32	18:59	7:16	17:57	7:05	16:08	7:41	15:56
19	7:37	16:28	6:54	17:18	5:58	18:02	5:54	19:49	5:06	20:32	4:48	20:57	5:08	20:47	5:49	20:00	6:33	18:57	7:17	17:55	7:06	16:07	7:42	15:56
20	7:36	16:29	6:52	17:20	5:56	18:04	5:52	19:50	5:05	20:33	4:48	20:58	5:09	20:46	5:51	19:58	6:35	18:55	7:19	17:53	7:08	16:06	7:42	15:56
21	7:35	16:31	6:50	17:21	5:54	18:05	5:50	19:52	5:04	20:34	4:48	20:58	5:10	20:45	5:52	19:56	6:36	18:53	7:20	17:51	7:09	16:05	7:42	15:57
22	7:34	16:32	6:48	17:23	5:52	18:07	5:48	19:53	5:02	20:36	4:48	20:58	5:11	20:44	5:53	19:54	6:38	18:51	7:22	17:50	7:11	16:04	7:42	15:58
23	7:33	16:34	6:46	17:25	5:49	18:08	5:46	19:55	5:01	20:37	4:48	20:59	5:13	20:43	5:55	19:52	6:39	18:48	7:23	17:48	7:12	16:04	7:43	15:59
24	7:32	16:35	6:44	17:26	5:47	18:10	5:44	19:56	5:00	20:38	4:48	20:59	5:14	20:42	5:56	19:50	6:40	18:46	7:25	17:46	7:14	16:03	7:43	15:59
25	7:31	16:37	6:42	17:28	5:45	18:11	5:42	19:58	4:59	20:40	4:48	20:59	5:15	20:41	5:58	19:48	6:42	18:44	7:27	17:44	7:15	16:02	7:43	16:00
26	7:29	16:39	6:40	17:30	5:43	18:13	5:40	19:59	4:58	20:40	4:49	21:00	5:16	20:40	5:59	19:46	6:43	18:42	7:28	17:42	7:16	16:01	7:43	16:01
27	7:28	16:40	6:38	17:31	5:41	18:14	5:39	20:01	4:57	20:41	4:49	20:59	5:17	20:39	6:01	19:44	6:44	18:40	7:30	17:41	7:18	16:00	7:44	16:02
28	7:27	16:42	6:36	17:33	6:39	19:16	5:37	20:02	4:56	20:42	4:50	20:59	5:19	20:38	6:02	19:42	6:46	18:38	7:31	17:39	7:19	16:00	7:44	16:02
29	7:26	16:43			6:37	19:17	5:35	20:04	4:56	20:43	4:51	20:58	5:20	20:36	6:04	19:41	6:47	18:36	7:33	17:37	7:21	15:59	7:44	16:03
30	7:25	16:45			6:35	19:19	5:34	20:05	4:55	20:44	4:51	20:58	5:21	20:34	6:05	19:38	6:49	18:34	7:34	17:35	7:22	15:58	7:44	16:04
31	7:24	16:46			6:32	19:20			4:54	20:45			5:23	20:33	6:06	19:36			6:36	16:33			7:45	16:05

časy východu slunce
časy západu slunce